Untersuchung und Beurteilung verschiedener Pflanzenstandorte mit Hilfe ökologischer und pflanzensoziologischer Methoden unter Verwendung einfacher, sachgerechter Hilfsmittel

DISSERTATION

zur

Erlangung des Grades eines
Doktors der Erziehungswissenschaften
an der Pädagogischen Hochschule Ruhr
in Dortmund

vorgelegt von

Dipl. Päd. JÜRGEN SIMBREY
aus Lüdenscheid

1979

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41538105_0027

"Untersuchung und Beurteilung verschiedener Pflanzenstandorte mit Hilfe ökologischer und pflanzensoziologischer Methoden unter Verwendung einfacher, sachgerechter Hilfsmittel"

D i s s e r t a t i o n

zur

Erlangung des Grades eines
Doktors der Erziehungswissenschaften
an der Pädagogischen Hochschule Ruhr in Dortmund

vorgelegt von

Dipl. Päd. Jürgen S i m b r e y
aus Lüdenscheid

Drucklegung: Januar 1980

Referenten:

Prof. Dr. Ch. Ullrich

Privatdozent Dr. B. Verbeek

Tag der mündlichen Prüfung: 25.4.1979

Drucklegung: Januar 1980

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Im Zusammenhang mit dieser Arbeit möchte ich vor allem Herrn Prof. Dr. Ch. Ullrich für die Anregung dieser Untersuchungen und für die vielen fachlichen Unterstützungen danken, die ich von ihm in persönlichen Gesprächen sowie in der Zusammenarbeit bei Exkursionen und Seminaren erhalten habe.
Weiterhin danke ich Herrn Dr. habil. B. Verbeek für seine kritischen und hilfreichen Anregungen zur Abfassung dieser Arbeit.

Lüdenscheid, im Januar 1979

J. Hinkel

G L I E D E R U N G

	Problemstellung	S. 1
I	Allgemeiner Teil	S. 2
1.	Didaktische Überlegungen	S. 2
1.1.	Rang und Bedeutung der Standortlehre	S. 2
1.2.	Inhalte, Aufgaben und Ziele der Standortlehre	S. 3
1.3.	Adressatengruppen für standortkundliche Untersuchungen	S. 5
1.4.	Einsatzmöglichkeiten standortkundlicher Untersuchungen	S. 6
2.	Grundlegende Methoden zur Standortuntersuchung	S. 7
2.1.	Kartographie	S. 7
2.1.1.	Kartenausrüstung	S. 7
2.1.2.	Geräteausrüstung	S. 8
2.1.3.	Erstellung eigener Karten	S. 8
2.1.3.1.	Einbindeverfahren	S. 10
2.1.3.2.	Poleraufnahme	S. 11
2.1.3.3.	Einschneideverfahren	S. 12
2.1.3.4.	Tachymetrische optische Messungen	S. 13
2.1.3.5.	Anfertigung eines Geländehandrisses	S. 14
2.1.4.	Kartographische Ausarbeitung	S. 16
2.2.	Bodenuntersuchungen	S. 18
2.2.1.	Probenahme	S. 18
2.2.2.	Anlage eines Bodenprofils	S. 18
2.2.3.	Entnahme eines Bodenprofils	S. 22
2.2.4.	Feldmethoden zur Bodenuntersuchung	S. 24
2.2.4.1.	Ermittlung der Bodenart	S. 24
2.2.4.1.1.	Vorprobe	S. 25
2.2.4.1.2.	Schlämmanalyse nach KRUEDENER (Feldmethode)	S. 25
2.2.4.2.	Schätzen der Humusart	S. 27
2.2.4.3.	Bestimmung der Reaktion	S. 28
2.2.4.4.	Bestimmung des Wassergehaltes und der Bodenfeuchte	S. 30
2.2.4.5.	Bestimmung des Kalkgehaltes	S. 31
2.2.4.6.	Leitfähigkeit	S. 32
2.2.4.7.	Einfache chemische Untersuchungen	S. 32
2.2.4.7.1.	Stickstoff und seine Verbindungen	S. 32
2.2.4.7.2.	Phosphor-Nachweis	S. 33
2.2.4.7.3.	Kalium-Nachweis	S. 33
2.2.4.8.	Ermittlung von Bodendichte und Gefüge/Krümelstabilität	S. 34
2.2.4.9.	Protokollvorschlag für die Feldbodenuntersuchung	S. 35
2.2.5.	Labormethoden	S. 36
2.2.5.1.	Grundausrüstung für das Labor	S. 36
2.2.5.2.	Bestimmung der Bodenart	S. 37
2.2.5.3.	Bestimmung des Humusgehaltes des Bodens	S. 41
2.2.5.4.	Bestimmung des Wassergehaltes	S. 42
2.2.5.5.	Bestimmung des Wasserhaltevermögens	S. 42
2.2.5.6.	Bestimmung des Porenvolumens und der Kapillarkraft	S. 42
2.2.5.7.	Bestimmung des Kalkgehaltes	S. 43
2.2.5.8.	Quantitative chemische Untersuchungen des Bodens	S. 45

2.2.5.8.1.	Bodenextraktion	S. 45
2.2.5.8.2.	Quantitative Bestimmung des Ammoniumions	S. 46
2.2.5.8.3.	Quantitative Bestimmung des Nitrations	S. 47
2.2.5.8.4.	Quantitative Bestimmung des Nitritions	S. 48
2.2.5.8.5.	Quantitative Bestimmung des Phosphations	S. 48
2.2.5.8.6.	Quantitative Eisen-Bestimmung	S. 49
2.2.5.8.7.	Quantitative Calciumbestimmung	S. 49
2.2.5.8.8.	Quantitative Kaliumbestimmung	S. 49
2.2.5.8.9.	Quantitative Chloridbestimmung	S. 51
2.3.	Klimatologische Untersuchungen	S. 53
2.3.1.1.	Strahlungsmessungen	S. 53
2.3.1.2.	Temperaturmessungen	S. 54
2.3.1.2.1.	Lufttemperatur-Messungen	S. 54
2.3.1.2.2.	Bodentemperatur-Messungen	S. 55
2.3.1.2.3.	Oberflächentemperaturmessungen an Pflanzen	S. 56
2.3.2.	Licht	S. 57
2.3.2.1.	Lichtmessungen	S. 57
2.3.3.	Wasserhaushalt	S. 60
2.3.3.1.	Niederschlagsmessungen	S. 60
2.3.3.2.	Messungen der Luftfeuchtigkeit	S. 60
2.3.3.3.	Evaporationsmessungen	S. 62
2.3.4.	Windmessungen	S. 63
2.3.5.	Luftuntersuchungen	S. 64
2.3.5.1.	Die quantitative CO_2 - Ermittlung	S. 65
2.4.	Methoden der Pflanzensoziologie	S. 67
2.4.1.	Die pflanzensoziologische Aufnahme nach BRAUN-BLANQUET	S. 68
2.4.2.	Pflanzensoziologische Auswertung der Aufnahmen	S. 72
2.4.3.	Einordnung in das pflanzensoziologische System	S. 75
2.4.4.	Pflanzenaufnahme mit der Frequenzmethode nach BRAUN-BLANQUET	S. 75
2.4.5.	Dauer-Quadrat-Untersuchungen	S. 76
2.4.6.	Vegetationsprofile	S. 77
2.4.7.	Die pflanzenökologische Bearbeitung von Vegetationsaufnahmen	S. 78
2.4.8.	Pflanzenökologische Bearbeitung von Vegetationsaufnahmen nach ELLENBERG	S. 79
2.5.	Darstellung der Ergebnisse	S. 85
2.5.1.	Tabellen	S. 86
2.5.2.	Diagramme	S. 86
2.5.3.	Profile	S. 88
2.5.4.	Karten	S. 89
2.5.4.1.	Großräumige Vegetations- und Bodenkarten	S. 89
2.5.4.2.	Kleinräumige Vegetations- und Bodenkarten	S. 89
2.5.4.3.	Standortbezogene Karten	S. 89
2.5.5.	Sonstige Ergebnis-Darstellungsmethoden	S. 91
2.5.5.1.	Das Herbar	S. 92
2.5.5.2.	Konservierung bearbeiteter Bodenproben	S. 92
2.5.5.3.	Speicherung von Daten	S. 92
2.6.	Zusammenfassung	S. 95

II	Spezieller Teil: Exemplarische Untersuchungen verschiedener Lebensräume	S. 96
1.	Sachliche Vorüberlegungen	S. 96
2.	Didaktische Überlegungen	S. 97
3.	Untersuchungen im Lebensraum Wald	S. 98
3.1.	Der Lebensraum Wald und seine Bedeutung	S. 98
3.1.1.	Wald und Wasserhaushalt	S. 99
3.1.2.	Wald und Wind	S. 101
3.1.3.	Wald als Lebensraum	S. 101
3.1.4.	Wald als Nutzfläche	S. 101
3.1.5.	Wald als bodenbeeinflussender Faktor	S. 101
3.1.6.	Wald als Erholungsgebiet und Luftfilter	S. 101
3.1.7.	Wald als Ökosystem	S. 102
3.2.	Die häufigsten waldbildenden und waldnahen Pflanzengesellschaften	S. 103
3.3.	Möglichkeiten standortkundlicher Arbeiten im Lebensraum Wald	S. 121
3.3.1.	Möglichkeiten standortkundlicher Arbeit mit Schülern	S. 121
3.3.2.	Möglichkeiten standortkundlicher Arbeit mit Studenten und Lehrern	S. 123
3.4.	Exemplarische Untersuchung im Lebensraum Wald	S. 123
3.4.1.	Untersuchung von Rotbuchenwäldern unter besonderer Berücksichtigung des Lichtes als Ökofaktor	S. 123
3.4.1.1.	Hilfsmittel	S. 123
3.4.1.2.	Vorbereitung der Untersuchung	S. 124
3.4.1.3.	Methoden	S. 125
3.4.1.4.	Durchführung	S. 125
3.4.1.5.	Variationen	S. 125
3.4.1.6.	Aufarbeitung und Darstellung der Ergebnisse	S. 130
3.4.2.	Untersuchung von Bodenpflanzen zur Kennzeichnung von Boden- und Standortverhältnissen	S. 144
3.4.2.1.	Die Einzelaufnahme und ihre Auswertung mit bestätigender Felduntersuchung	S. 145
3.4.2.1.1.	Hilfsmittel	S. 145
3.4.2.1.2.	Methoden	S. 145
3.4.2.1.3.	Durchführung	S. 145
3.4.2.1.4.	Auswertung und Darstellung der Ergebnisse	S. 146
3.4.2.2.	Die Anlage eines Vegetationsprofils und seine ökologische Auswertung	S. 155
3.4.2.2.1.	Vorbereitung	S. 155
3.4.2.2.2.	Hilfsmittel	S. 155
3.4.2.2.3.	Methoden	S. 156
3.4.2.2.4.	Durchführung	S. 156
3.4.2.2.5.	Ergebnisse	S. 156
3.4.3.	Der Vergleich von naturnahem Laub- (Misch-) Wald mit dem naturfremden Nadelholzforst und die ökonomisch - ökologische Bedeutung beider Waldformen für die Landschaft	S. 162
3.4.3.1.	Vorbereitung	S. 162
3.4.3.2.	Methoden	S. 164
3.4.3.3.	Durchführung und Ergebnisse	S. 164

3.4.4.	Die Bedeutung des Waldes (oder der Hecke) als Schutz für den Boden und die umliegende Landschaft	S. 165
3.4.4.1.	Vorbereitung	S. 165
3.4.4.2.	Methoden	S. 165
3.4.4.3.	Hilfsmittel	S. 165
3.4.4.4.	Durchführung	S. 166
3.4.4.5.	Auswertung und Darstellung der Ergebnisse	S. 169
3.5.	Möglichkeiten weiterführender Arbeiten	S. 181
4.	Exemplarische Untersuchungen in aquatischen Ökosystemen (Süßwasser- und Moorvegetation)	S. 182
4.1.	Vorüberlegungen	S. 182
4.1.1.	Didaktische Vorbemerkungen	S. 182
4.1.2.	Fachliche Vorbemerkungen	S. 183
4.1.2.1.	Aquatische Ökosysteme (Gewässer)	S. 183
4.1.2.1.1.	Fließgewässer	S. 183
4.1.2.1.2.	Stehende Gewässer	S. 184
4.1.2.2.	Feuchtbiotope	S. 185
4.2.	Die Vegetation der Feuchtbiotope und Gewässer	S. 189
4.2.1.	Übersicht über die häufigsten Pflanzengesellschafts-verbände der Feuchtbiotope und Gewässer	S. 189
4.2.2.	Kurze Beschreibung der häufigsten Feucht- und Wasserpflanzengesellschaften	S. 193
4.2.2.1.	Gesellschaften der nährstoffarmen Gewässer	S. 193
4.2.2.2.	Gesellschaften der nährstoffreichen Gewässer	S. 195
4.3.	Exemplarische Untersuchung eines Sees	S. 207
4.3.1.	Vegetationskartierung des Erdfallsees bei Hopsten/Westfalen	S. 207
4.3.2.	Vergleichende Kartierung zweier verschiedener Gewässer	S. 232
4.3.3.	Weiterführende Arbeitsmöglichkeiten	S. 234
5.	Exemplarische Untersuchungen auf der Insel Wangerooge	S. 235
5.1.	Vorbemerkungen	S. 235
5.1.1.	Die Lebensräume der Inseln	S. 236
5.2.	Übersicht über die häufigsten Pflanzengesellschafts-verbände der Inseln	S. 237
5.2.1.	Systematische Übersicht nach ELLENBERG 1974	S. 237
5.2.2.	Kurze Beschreibung und Charakterisierung der typischen Gesellschaftsverbände der Insel	S. 241
5.3.	Anfertigung eines Vegetationsprofils der Insel Wangerooge	S. 246
5.3.1.	Methoden	S. 247
5.3.2.	Durchführung	S. 247
5.3.3.	Auswertung des Vegetationsprofils	S. 250
5.4.	Untersuchungen zum Salzgehalt als wichtigem Standortfaktor für die Inselvegetation	S. 255
5.5.	Untersuchungen zur Salzzeigerfunktion der Inselpflanzen	S. 259
5.5.1.	Die Untersuchung eines Vegetationsprofils	S. 259
5.5.2.	Die Untersuchung von Einzelstandorten	S. 267

5.6.	Untersuchungen zum Salzgehalt der Pflanzen bei verschiedenen Bodensalzgehalten	S. 275
5.6.1.	Untersuchungen zum Salzgehalt der Pflanzen	S. 275
5.6.2.	Untersuchungen zum Salzgehalt in verschiedenen Pflanzenorganen	S. 280
5.7.	Weitere Arbeitsmöglichkeiten	S. 283
6.	Exemplarische Untersuchungen im Mittelmeerraum	S. 284
6.1.	Vorbemerkungen	S. 284
6.2.	Die Mittelmeervegetation und ihre Besonderheiten	S. 285
6.3.	Übersicht über die häufigsten Pflanzengesellschaften des Mittelmeerraumes	S. 292
6.3.1.	Systematische Übersicht der Pflanzengesellschaftsverbände des Mittelmeerraumes	S. 292
6.3.2.	Kurze Beschreibung der typischen mediterranen Pflanzengesellschaftsverbände	S. 294
6.4.	Pflanzensoziologische Untersuchungen an der Riviera di Ponente	S. 305
6.5.	Weiterführende Arbeitsmöglichkeiten	S. 344
7.	Zusammenfassung	S. 345
8.	Anhang	S. 346
8.1.	Untersuchungsergebnisse pflanzenökologischer Messungen im Mittelmeerraum	S. 346
8.1.1.	Tageslauf der Temperatur an einem Sonntag	S. 346
8.1.2.	Temperatur, Luftfeuchte und Evaporation an einem Südhang	S. 347
8.1.3.	Temperatur, Luftfeuchte und Evaporation an einem Nord- und an einem Südhang	S. 348
8.1.4.	Temperatur, Luftfeuchte und Evaporation an einem Südhang in der hohen Macchie	S. 349
8.1.5.	Temperatur, Luftfeuchte und Evaporation an einem Nordhang in der hohen Macchie	S. 350
8.1.6.	Temperaturmessungen an einigen Macchienpflanzen	S. 351
8.1.7.	Temperaturmessungen der Blattoberfläche an einigen Macchienpflanzen	S. 352
8.1.8.	Temperaturmessungen der Blattunterseite an einigen Macchienpflanzen	S. 353
8.1.9.	Temperaturmessungen der Blattoberseite verschiedener Macchienpflanzen	S. 354
8.1.10.	Temperaturmessungen an den Blattunterseiten verschiedener Macchienpflanzen	S. 355
8.1.11.	Temperaturmessungen an Pflanzen in ungeschützten Kulturen	S. 356
8.2.	Einfache "Feldlaboratorien" für Boden- und Wasseruntersuchungen	S. 357
8.2.1.	Untersuchungskoffer für qualitative Analysen	S. 357
8.2.2.	Untersuchungskoffer für halbquantitative Untersuchungen	S. 358
8.3.	Konstruktion einfacher Meßgeräte	S. 359
8.3.1.	Koffer mit Universalmeßgerät für Temperatur-, Licht- und Leitfähigkeitsmessungen	

8.3.1.1.	Meßbrücke nach KREEB	S. 360
8.3.1.2.	Thermistoren zur Meßbrücke	S. 361
8.3.1.3.	Multivibrator als Zusatzgerät zur Leitfähigkeitsmessung	S. 362
8.3.1.4.	Lichtmeßkopf	S. 363
8.3.2.	Einfaches Nivelliergerät	S. 364
8.3.3.	Regenmesser und Nebelfänger	S. 365
8.3.4.	Anemometer und Windwegmesser	S. 366
8.3.5.	Kurzzeit-Evaporimeter	S. 367
8.3.6.	Kartierbrett und Kartentisch	S. 367
8.4.	Ökologische Gruppen (Auswahl)	S. 368
8.4.1.	Pflanzen der Wälder	S. 368
8.4.2.	Pflanzen der Lichtungen und Kahlschläge	S. 369
8.4.3.	Pflanzen der Gewässer und Moore	S. 370
8.4.4.	Pflanzen der Inseln und Küste	S. 371
8.4.5.	Pflanzen der Wiesen, Weiden und Äcker	S. 372
9.	Literaturverzeichnis	S. 374

Problemstellung

Die Behandlung ökologischer Fragestellungen im Biologie-Unterricht aller Schulstufen, im Studium der Biologie für ein Lehramt und in der Biologie-Lehrerfortbildung nimmt an Umfang ständig zu, da dieser Zweig der Wissenschaft eine zunehmende Bedeutung für den Menschen gewonnen hat. Leider ist die orientierende Literatur zur praktischen Behandlung ökologischer Fragen unzureichend. Diese Arbeit eröffnet Möglichkeiten zur Methodenfindung und zur planvollen Erschließung komplexer und ökologischer Problemstellungen.

In der pädagogischen Diskussion steht seit einiger Zeit die Theorie des "Offenen Curriculums" (GARLICHS et al. 1974, BRINKMANN 1975, SCHMACK 1978). In ihr wird eine zunehmende Handlungsorientiertheit des Unterrichts gefordert.

Diese Arbeit stellt außerdem den Versuch dar, dieser Forderung im Biologie'Unterricht entgegen zu kommen. Anregungen zu praktischen Arbeitscurricula für Hochschulen sind ebenfalls gering und für Studienwochen im Rahmen der Lehrerfortbildung fehlen ebenfalls Arbeitsanleitungen für das vertiefende Studium ökologischer Probleme.

Ziel dieser Arbeit soll es sein, aus der Fülle wissenschaftlicher Erkenntnisse im Bereich der Ökologie exemplarisch Ökosysteme zu beschreiben und Methoden und Ergebnisse zugänglich zu machen für die verschiedenen Schulformen, -stufen, für Hochschulen und für die Lehrerfortbildung. Es werden konkrete Arbeitsmöglichkeiten für verschiedene Ökosysteme zusammengestellt und speziell unter dem Aspekt des Einsatzes einfacher, aber sachgerechter Hilfsmittel untersucht.

1.) Didaktische Überlegungen

1.1) Rang und Bedeutung der Standortlehre

Die gesellschaftliche Relevanz des Themenbereiches "Ökologie" ist heutzutage unbestritten und gewinnt ständig an Bedeutung. Die Ökologie als Wissenschaft ist jedoch sehr komplex und vielschichtig.

Ö K O L O G I E

TERRESTRISCH	AQUATISCH
Pflanzenökologie	Pflanzenökologie
Tierökologie	Tierökologie
Landschaftsökologie	Limnologie
Standortlehre	Ozeanologie

Ziel der ökologischen Forschung in allen Teildisziplinen ist, die verschiedenen Ökosysteme der Erde (vgl. ELLENBERG 1973) auf ihre Zusammensetzung und Funktion hin zu untersuchen. Mit Hilfe dieser Erkenntnisse soll die Rolle des Menschen und seine Abhängigkeit von Ökosystemen verdeutlicht werden.

Das Wissen um die Gefahren bestimmter Handlungsweisen für die Ökosysteme (und damit für den Menschen selbst) kann nur erlangt werden, wenn intakte Ökosysteme in all ihren Funktions- und Abhängigkeitszusammenhängen gründlich erforscht werden. Vielleicht ist es später möglich, mit Hilfe dieser Erkenntnisse auch bereits zerstörte Systeme wieder "aufzubauen".

Vorbeugend jedoch muß die weitere Zerstörung der Umwelt verhindert werden.

Aus diesem Grunde sollen exemplarisch Inhalte aus der Ökosystemforschung im Biologie-Unterricht der Schulen aller Stufen, der Lehreraus- und Fortbildung behandlet werden, um die kommende Generation bereits mit dem grundsätzlichen Wissen um die Gefahr unüberlegten Handelns auszustatten.
(Richtziel des BU nach RiLi NRW).

Eine Behandlung der Ökologie als ganzes ist jedoch nur in den seltensten Fällen möglich, deshalb ist es Aufgabe des Fachdidaktikers, aus der Breite des fachwissenschaftlichen Angebotes Inhalte exemplarisch auf ihre Behandlung in der Schule zu untersuchen.

Eine geeignete Möglichkeit der ökologischen Arbeit bietet die Standortlehre, eine noch verhältnismäßig junge Teildisziplin.

1.2) Inhalte, Aufgaben und Ziele der Standortlehre

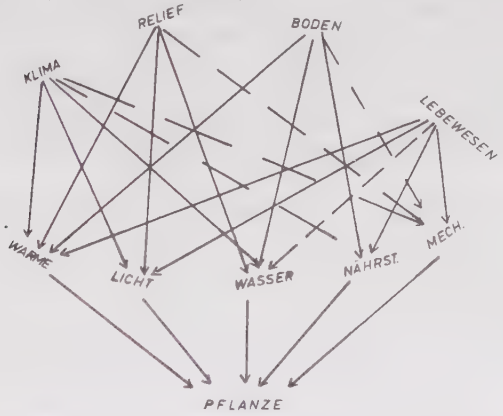
Die Standortlehre ist eine Wissenschaft, die sich mit den Abhängigkeiten der Lebewesen von ihrem Standort (Boden, Klima) beschäftigt. Dazu bedient sich die Standortlehre Methoden aus verschiedenen anderen Disziplinen.

Standortlehre

Klimatologie | Pflanzen-Tier- | Soziologie | Bodenkunde | Physik | Chemie

Mit Hilfe geeigneter Methoden untersucht der Standortkundler die verschiedenen abiotischen und biotischen Faktoren, die die Lebewesen an ihrem Standort beeinflussen. Das Wirkungsgefüge von Lebewesen und belebter bzw. unbelebter Umwelt soll folgende Graphik verdeutlichen (Abb. 1).

Abb. 1: Wirkungsgefüge primärer und sekundärer Standortfaktoren (nach WALTER 1960)



Sekundäre Faktoren

Primäre Faktoren

Die Standortlehre wurde von Botanikern, speziell Geobotanikern, zuerst entwickelt. Der Standortkundler betrachtet die Pflanzen jedoch in erster Linie nicht als Individuen sondern in der Gemeinschaft (= Pflanzengesellschaft). Es gilt als Erfahrungsgrundsatz, daß die Landschaft maßgeblich durch die Vegetation geprägt wird und daß das Landschaftsbild verschieden ausgeprägt sein kann. Die Standortlehre versucht nun die Ursachen und Zusammenhänge zwischen spezieller Vegetation und dem speziellen Standort sowie die Wechselbeziehungen zwischen Pflanzen und Substrat (Autökologie) und Pflanzen und Pflanzen (Synökologie) zu ergründen. In der angewandten Biologie (Forstwirtschaft, Landwirtschaft, Umweltschutz, Landschaftsplanung, -schutz) hat die Standortlehre besondere Erkenntnisse geliefert und ist daher von der Konzeption her eine praktische/pragmatische Wissenschaft, deren endgültige Bedeutung noch nicht voll erkannt ist. Diese für den Menschen so wichtige Praxisnähe ist eine Begründung für die Behandlung von Standortfragen unter ökologischer Fragestellung in der Schule. Ein weiterer Vorteil eines viele verschiedene Faktoren umfassenden Stoffgebietes (wie die Standortlehre) ermöglicht die Behandlung bestimmter Inhalte in Form der

Standortfragen unter ökologischer Fragestellung in der Schule. Ein weiterer Vorteil eines viele verschiedene Faktoren unfassenden Stoffgebietes (wie die Standortlehre) ermöglicht die Behandlung bestimmter Inhalte in Form der "curricularen Spirale" (DYLLA 1974) auf immer höheren Bestimmungsebenen, wobei die Inhalte eine immer neue Anwendung finden, z.B.

in der Primarstufe	: Artkenntnis von Pflanzen
in der Orientierungsstufe	: Einführung in die Pflanzensoziologie
in der Sekundarstufe I	: einfache Boden- und Standortuntersuchungen in bestimmten Pflanzengesellschaften
in der Sekundarstufe II	: Erweiterung der Grundkenntnisse durch Energie- und Stoffkreisläufe innerhalb verschiedener Ökosysteme

Jeder Inhalt einer Stufe ist propädeutisch für die nächste Stufe zu sehen: die Artkenntnis findet ihre Anwendung in der Pflanzensoziologie, die ihrerseits die Grundkenntnisse über das Zusammenleben verschiedener Pflanzen an einem Standort liefert; die Untersuchung des Standortes liefert Ergebnisse, die das spezielle Zusammenleben der Pflanzen in der Gesellschaft erklären - andererseits zeigt sich eine Rückschlußmöglichkeit von der Pflanzengesellschaft auf den Standort (z.B. Boden). Veränderungen der natürlichen Umwelt zeigen sich sofort durch die Veränderung der Vegetation - eine wichtige Erkenntnis für den Umweltschutz und für das ökologische Verständnis der Schüler. Im Sinne der curricularen Diskussion um das sogenannte "offene Curriculum" bzw. die "Handlungsorientiertheit des Unterrichts" bietet die Standortlehre durch ihren pragmatischen Charakter gute Voraussetzungen für die Behandlung im Unterricht der Schule: die Untersuchungen der biotischen und abiotischen Faktoren sind weitgehend handlungsorientiert.

Für das Verständnis der Ökologie bzw. der Ergebnisse in wissenschaftlichen Veröffentlichungen erscheint es wichtig, einige Methoden zur Ergebnisfindung zu nennen. Aus eigener Erfahrung halte ich die Behandlung eines Themas aus dem Bereich der Ökologie mit praktischen Untersuchungen für außerordentlich wichtig, da

a) deren motivierender Charakter die weitere theoretische Behandlung erleichtert und
b) die Ergebnisse dem Schüler gegenwärtig sind.

Tab. 1

Nach GRUPE (1973) behält der Schüler bekanntlich

Gehörtes zu	20 %
Gesehenes zu	30 %
Gesehenes und Gehörtes zu	50 %
(selbst) Gesagtes zu	70 %
"Begriffenes" zu	90 %

1.3) Adressatengruppen für standortkundliche Untersuchungen

Wie bereits auf S.4 erwähnt, kann eine propädeutische Standortlehre bereits in der Primarstufe begonnen werden. Da Schüler nach KELLE (1968) im Grundschulalter "in besonderem Maße befähigt (sind), eine umfassende Formenkenntnis zu erwerben", sollte hier besonderer Wert auf die taxonomische Gliederung gelegt werden; Organismen sollten gleich mit dem Artnamen angesprochen werden (z.B. Kriechender Hahnenfuß, nicht einfach Hahnenfuß). Eine Auswahl an Pflanzen und Tieren aus dem Erfahrungsbereich der Schüler könnte also die Voraussetzung für die spätere Behandlung der Standortlehre und Pflanzensoziologie behandelt werden. Dabei sollten möglichst Charakterpflanzen bestimmter Formationen*, Klassen (vgl. S. 79 f) oder "Bodenanzeigende" Pflanzen behandlet werden, da viele Pflanzen eine spezielle Zeigerfunktion besitzen, deren Kenntnis dem Schüler neben dem anatomisch-morphologischen Bau und Namen auch später noch dienen kann. Die Behandlung des Zeigerwertes der Zeigerpflanzen sollte bei der Behandlung in der Primarstufe außer acht gelassen werden, da das Verständnis für diese Indikatorfunktion fehlt.

Eine Einführung in die Pflanzensoziologie kann in der Orientierungsstufe durchgeführt werden. Bei Unterrichtsgängen oder anderen Gelegenheiten machen sich die Schüler zunächst mit den unbekannten Pflanzenarten vertraut und können dann einfache Frequenzuntersuchungen (s.S. 75) durchführen, bei deren Auswertung die Schüler dann selbst feststellen können, daß bestimmte Arten mit bestimmten anderen Arten vergesellschaftet sind. An geeigneten Untersuchungsstellen können einfache qualitative Untersuchungen die spätere Auswertung unterstützen und verständlich machen. Parallel dazu können auch tiersoziologische Untersuchungen durchgeführt werden.

Die eigentliche quantitative pflanzensoziologische Aufnahmemethode kann in Klassen der Sekundarstufe behandlet werden, da die Schüler dieser Altersstufe eher Voraussetzungen im Hinblick auf das Abstraktionsvermögen besitzen. Durch Kenntnisse aus Physik- und Chemie-Unterricht werden die chemisch-physikalischen Untersuchungen erleichtert und verständlich gemacht. Neben der pflanzensoziologischen Aufnahme wird also die eigentliche Standortuntersuchung mit Hilfe physikalisch-chemischer Methoden in dieser Bildungsstufe einen breiten Raum einnehmen. Je nach Komplexitätsgrad der Untersuchungen und Möglichkeiten der Arbeit wird man den Anspruch der Inhalte in den einzelnen Klassenstufen allmählich erhöhen.

Am Ende der Sekundarstufe I sollten die Schüler grundlegende Kenntnisse über Aufbau, Zusammensetzung und Abhängigkeiten innerhalb verschiedener Ökosysteme (möglichst verschiedenartiger) besitzen, wobei die Stellung und Abhängigkeit des Menschen innerhalb der Systeme besonders beachtet werden sollte.

Die Schüler der Sekundarstufe II können über die Grundlagen hinaus eine Vertiefung erarbeiten, z.B. die Stoff- und Energiekreisläufe in den Systemen, die zwar als Grundlage (vereinfacht) vorhanden sind, vertiefend behandeln und untersuchen.

---

*nach WILMANNS 1973

Schüler dieser Altersstufe besitzen meist hinreichende Kenntnisse der physikalisch-chemischen Vorgänge und können die Zusammenhänge erfassen.

In den Richtlinien und Lehrplänen wird die Behandlung ökologischer Fragestellungen in der Sekundarstufe I gefordert. Die Biologielehrer sind jedoch nicht genügend und sachgerecht für diese Anforderungen ausgebildet worden. Die Gründe hierfür können verschiedener Natur sein:

a) häufig zu hohe Zahlen von Studenten in Kursen
b) mangelnde Ausrüstung der Ausbildungsinstitute
c) unzureichende Vorschläge und Anweisungen für praktische ökologische Untersuchungen und Kurse, die schulische Anforderungen berücksichtigen
d) die Palette der bisher in der Literatur angebotenen Ökosystempraktika ist meist abgestellt auf "Wald" und "See" - vereinzelt erscheinen in didaktischen Zeitschriften auch Vorschläge zur Behandlung von Inselflora oder Tiergesellschaften. Vereinzelte Aufsätze über Möglichkeiten ökologisch-standortkundlicher Untersuchungen sind jedoch weit gestreut.

Es soll versucht werden, in dieser Arbeit solche Möglichkeiten darzustellen. Hier ist ein wichtiger Ansatz dieser Arbeit; eine Zusammenfassung verschiedener Untersuchungsmethoden und -ergebnisse sowie Überprüfung und Erprobung unter fachdidaktischen Aspekten, Einbeziehung neuer Methoden un einfacher Experimentiermöglichkeiten.

In der Lehrerfortbildung mangelt es ebenfalls an Darstellungen ökologischen Arbeitens aus o.a. Gründen. Auch für diese Kurse soll meine Arbeit Anregungen für ökologische Untersuchungen bieten.

1.4.) Einsatzmöglichkeiten standortkundlicher Untersuchungen

Ein bisher nicht angesprochenes Problem in der praktischen Durchführbarkeit standortkundlicher Untersuchungen in der Schule stellt der Zeitfaktor dar. Während in der Primarstufe (s.S.4) die vorgeschlagenen Arbeitsbereiche behandelt werden können, erfordern die Themenkreise für die Orientierungsstufe, die Sekundarstufe I und die Sekundarstufe II zu einem nicht geringen Teil Geländearbeit. Nur wenige Schulstandorte liegen so günstig, daß mehrere Biotope von dort in kurzer Zeit erreicht werden können; meist wird allein der Weg zu einem Untersuchungsgebiet die Unterrichtszeit überschreiten. Dazu bietet in der Sekundarstufe I der Landschulaufenthalt besondere Möglichkeiten, da die Landheime (z.B. Waldheime oder Inselheime) häufig günstig zu geeigneten Untersuchungsgebieten liegen. Im Landheim kann außerdem interdisziplinär gearbeitet werden: physikalisch-chemischer, biologischer und geographischer Unterricht lassen sich kombinieren und ergänzen sich bei den Untersuchungen. Standortuntersuchungen während des Schulalltags sind nur lohnend, wenn eine Doppelstunde zur Verfügung steht - anderenfalls sollte man einen Unterrichtsgang (mehrstündig) für die Geländearbeit planen oder einen Wandertag für die praktischen Untersuchungen nutzen. Arbeitsgemeinschaften bieten gute Möglichkeiten im Hinblick auf Interesse und Zeit und können auf

jeden Fall Untersuchungen machen.

In der Lehrerausbildung eignen sich für die Geländearbeit:

a) mehrstündige Kurse
b) ein- und mehrtägige Exkursionen

In mehrstündigen Kursen kann die institutsnahe Umgebung untersucht werden, durch Exkursionen können weitere Biotope erschlossen und somit die Kenntnisse vertieft werden.

In der Lehrerfortbildung sollten die Studientage bzw. -wochen für Geländepraktika genutzt werden.

Folgender Untersuchungsgang wäre wünschenswert:

im Gelände:
a) Standortuntersuchungen auf Exkursionen, Unterrichtsgang, Studienwoche, -tag, soweit im Gelände notwendig
b) Probenahme

im Labor:
c) Untersuchung der weiteren Faktoren (wie z.B. chemische Analysen der Bodenproben)

2.) Grundlegende Methoden zur Standortuntersuchung

Bevor die eigentlichen praktischen Möglichkeiten zu Untersuchungen vorgestellt werden, erscheint es sinnvoll, die grundlegenden Methoden (Kartographie, Bodenuntersuchung, Pflanzensoziologie und Ergebnisdarstellung), die für die Untersuchung aller Biotope notwendig sind, vorab zu behandeln.

2.1.) Kartographie

Wichtige Grundlagen für Standortuntersuchungen bilden Karten, mit deren Hilfe man sich im Gelände orientiert, Probestellen aussucht und einträgt, geologische Übersichten erhält oder die man zur Grundlage eigener Kartierungen benötigt. Sind keine Karten des entsprechenden Gebietes vorhanden oder maßstäblich ungeeignet, muß man sich selbst Karten anfertigen können. Die Kartographie gehört also (im bescheidenen Rahmen) zur "methodischen Grundausstattung". Im Sinne einer praktischen Handreichung werden nun kurz die wichtigsten kartographischen Fakten behandelt.

2.1.1.) Kartenausrüstung

Für Geländeuntersuchungen allgemein verwendet man eine Übersichtskarte des weiteren Untersuchungsraumes, meist eine (aktuelle) topographische Karte im Maßstab 1:25.000, die notfalls auch zur Kartierung herangezogen werden kann (Bezugsquellen: Landesvermessungsämter oder gute Schreibwarenläden). Karten größeren Maßstabes (1:50.000 oder 1:100.000) sind ungeeignet, da das Untersuchungsgebiet in diesen Karten zu klein dargestellt ist. Für Kartierungen sind diese Karten ungeeignet, da durch großen Maßstab zu ungenau (Ausnahme: riesige Flächen homogener Vegetation o.ä.). Selbst die

sogenannte "4 cm-Karte" (1:25.000) ist im Maßstab für die Kartierung meist noch zu groß (da 1 ha = 0,16 cm^2!!), man nimmt daher für die Kartierung die sogenannte Grundkarte der Katasterämter (1:5.000) oder eine Vergrößerung aus der 4 cm-Karte auf einen ähnlichen Maßstab.

2.1.2.) Geräteausrüstung

Neben der Karte benötigt man einen guten Kompaß (besser: Bussole = Marschkompaß) und außerdem für die Kartenanfertigung ein Bandmaß, Fluchtstäbe und evtl. Theodolith oder Nivelliergerät.

2.1.3.) Erstellung eigener Karten

Schwieriger als die Orientierung nach einer topographischen Karte ist die Anfertigung eigener Kartenunterlagen. Dies bietet einige Vorteile:

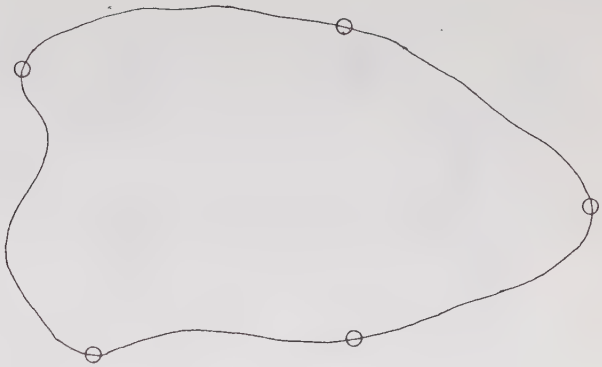
- es können besondere Geländegegebenheiten berücksichtigt werden
- es wird die Aufnahmemethode geübt
- es wird eine aktuelle Karte erstellt, die das Gelände meist in starker Vergrößerung (großflächiger Maßstab) darstellt
- es können gleich (teilweise) Vegetationsgruppen erfaßt werden
- die eigene Karte erleichtert die Orientierung, da die topographischen Karten meist mit einer Vielzahl von Zeichen und Linien bedeckt sind, die für die Kartierung ohne Bedeutung sind, aber die Orientierung erschweren.

Aber auch die Nachteile sollen Erwähnung finden:

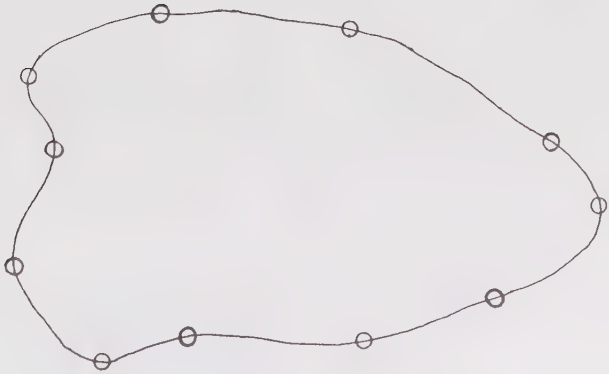
- zeitaufwendig
- je nach Geländebeschaffenheit muß eine zusätzliche Geräteausrüstung vorhanden sein (z.B. Theodolith, Fluchtstäbe)
- ungenaue Arbeit im Gelände ergibt falsche Karten

Vor der Vermessung des Geländes wird das zu untersuchende Gelände in den äußeren Grenzen mit einigen Fluchtstäben abgesteckt - dabei sollten die Fluchtstäbe in etwa auch die Grenzen des Untersuchungsgebietes bilden.

Abb. 2 a und b: Abstecken des Untersuchungsgebietes



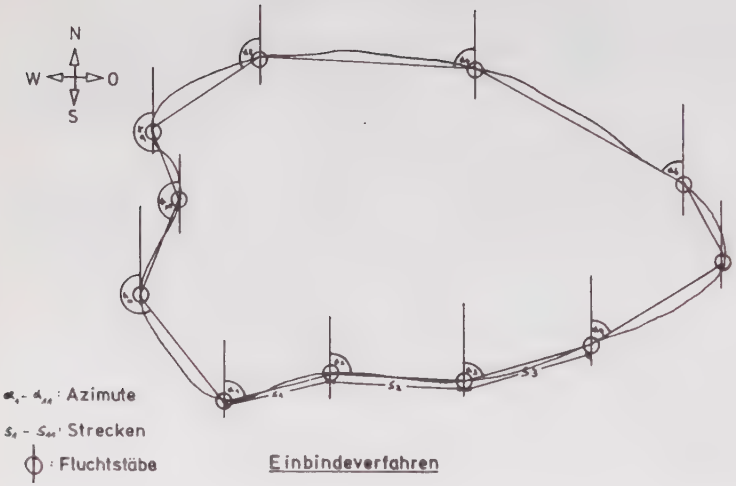
FALSCH



RICHTIG

2.1.3.1.) Einbindeverfahren
(für kleine, ebene Gebiete)

Abb. 3:



Ist die Flucht abgesteckt, wird das Azimut* über 2 Fluchtstäbe gepeilt und notiert – auf diese Weise werden alle Winkelabweichungen der Fluchtstäbe gegen Norden bestimmt und notiert. Anschließend werden die Distanzen der Fluchtstäbe gemessen (Bandmaß oder Theodolith mit Nivellierlatte) und ebenfalls notiert. Auf diese Weise hat man das Untersuchungsgebiet "eingebunden" (= Einbindeverfahren, nach SCHWEISSTHAL); Nachteil: Streckenmessungen im bergigen, geneigten Gelände sind unter Umständen schwierig; nicht begehbare, sumpfige oder Wasserflächen können mit diesem Verfahren nicht vermessen werden.

Tabelle 2:

Vermessung eines ..... nach dem Einbindeverfahren

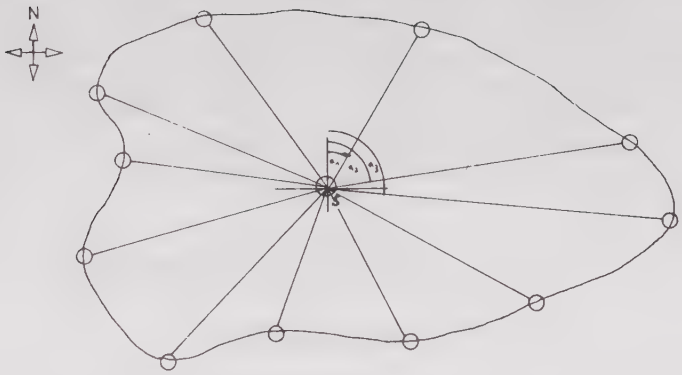
Datum: ..... Kartierer: ..... Lage des Gebietes: .....

Fixpunkt	Ziel-Fluchtpunkt	Horizontalwinkel (°/g)	Entfernung (m)
1	2	$\alpha_1 = 75^{o}$	20
2	3	$\alpha_2 = 94^{o}$	25
3	4	$\alpha_3 = 75^{o}$	25

* Azimut = Horizontalwinkelabweichung gegen Nord

2.1.3.2.) Polaraufnahmeverfahren (für kleine, mehr oder weniger rundliche Gebiete)

Abb. 4:



Polaraufnahme

Vom Peilpunkt S werden nacheinander alle Fluchtstäbe angepeilt und die Azimute notiert. Anschließend mißt man die Distanzen S1, S2, S3...etc.

Auch dieses Verfahren ist für die Sumpf- und Wassergebiete ungeeignet; gegenüber dem Einbindeverfahren ergibt sich ein Vorteil: die Fehlergrenze ist geringer, da nur ein Peilpunkt eingenordet werden muß.

Tabelle 3:

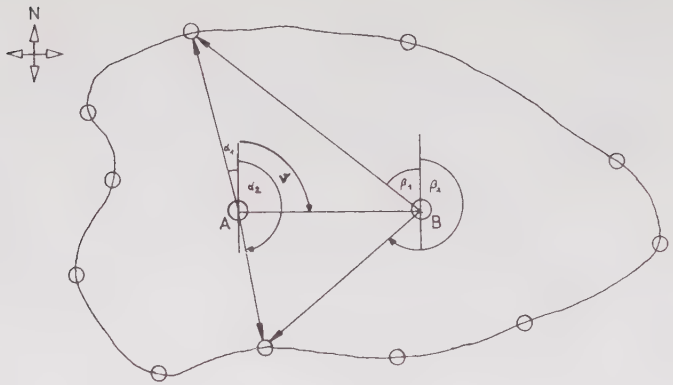
Vermessung eines ..... nach der Polarmethode

Datum: ..... Kartierer: ..... Lage des Gebietes: .....

Fixpunkt	Fluchtpunkt	Horizontalwinkel (Azimut) ^{o} oder g	Entfernung (m)
S	1	$\alpha_1 = 30^{o}$	35
	2	$\alpha_2 = 81^{o}$	57
	3	$\alpha_3 = 96^{o}$	65

2.1.3.3. Einschneideverfahren (für hügeliges bzw. nicht begehbares Gelände)

Abb. 5:



Einschneideverfahren

Dieses Verfahren wird häufig benutzt; es beruht auf Winkelmessungen.

Tabelle 4:

Vermessung eines ..... nach dem Einschneideverfahren

Datum: ..... Kartierer: ..... Lage des Gebietes: .....

Methode: X Vorwärtseinschneiden Rückwärtseinschneiden

1. Fixpunkt	Horizontalwinkel	Fluchtpunkt	Distanz der Fixpunkte $\overline{AB}$	2. Fixpunkt	Horizontalwinkel
A	$\alpha_1 = 345^o$	1	34 m	B	$\beta_1 = 309^o$
	$\alpha_2 = 170^o$	2			$\beta_2 = 230^o$

Im Gelände wird eine Strecke $\overline{AB}$ mit dem Azimut φ (gegen N) festgelegt. Die Peilpunkte (Fixpunkte A und B) werden eingenordet. Von ihnen aus werden nun die Azimute zu den Fluchtstäben gepeilt und notiert. Für die Kartierung wird die Standlinie $\overline{AB}$ im bestimmten Maßstab abgetragen und die Azimute in A und B für die Fluchtstäbe mit einem sogenannten Transporteur* oder Tachymeter** abgetragen; an den Schnittpunkten der freien Schenkel der Azimute liegen dann maßstabsgetreu die gesuchten Geländepunkte. Dieses Verfahren nennt man "Vorwärtseinschneiden".

Im Gegensatz dazu kann man auch "Rückwärtseinschneiden", d.h. man fixiert die Punkte A und B mit je einem Fluchtstab ($\overline{AB}$ abmessen) und peilt nun von den zu bestimmenden Geländepunkten die Fluchtstäbe an. Bei der Kartierung müssen die gemessenen Azimute um 180° erweitert werden, dann können sie wie beim Vorwärtseinschneiden von den Fixpunkten aus abgetragen werden.

Soweit seien kurz die Methoden der Geländevermessung zur Erstellung einer "Grundkarte" vorgestellt. Weitere Angaben können folgenden Büchern entnommen werden :

THÖNE, K. : Karte und Kompaß , Bern 1976

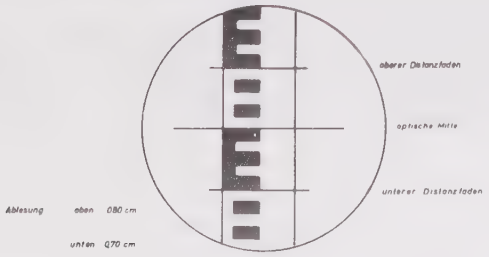
HOFMANN, W. : Geländeaufnahme - Geländedarstellung, Braunschweig 1971

2.1.3.4.) Tachymetrische optische Messungen

Größere, unzugängliche Gebiete werden optisch vermessen mit Theodolith oder Nivelliergerät und Nivellierlatte.

Nach Justierung und Einnordung des Theodolithen/Nivelliers wird die Höhe der optischen Achse (=Fadenkreuz) ermittelt: in etwa 10 m Entfernung (ebenes Gelände) wird eine Nivellierlatte aufgestellt und die Höhe im Fadenkreuzschnittpunkt abgelesen (Probe: Nivellierlatte neben das Theodolithfernrohr stellen und die Achshöhe peilen). Der Abschnitt der Latte, der zwischen dem oberen und dem unteren Distanzfaden abzulesen ist (Abb. 6), ergibt durch Multiplikation mit 100 die gesuchte Entfernung in Metern (Probe: nachmessen).

Abb. 6: Optische Vermessung mit Theodolith (Blick durch das Fernrohr) (nach GROSSMANN 1972)



*) Transporteur: Vollkreiswinkelmesser 360° oder 400^{g}
**) Tachymeter: Vollkreiswinkelmesser mit Maßstab zum sofortigen Abtragen von Strecken

Im Busch- bzw. Waldgelände kann die Meßlatte teilweise verdeckt sein, so daß nicht beide Distanzfadenwerte abgelesen werden können - in diesem Fall er - mittelt man m und einen Distanzfadenwert; die Differenz multipliziert mit 200 ergibt die gesuchte Entfernung. Wichtig hierbei ist, daß der Ableser am Theodolithen exakt beobachtet - ansonsten können erhebliche Fehler auftreten (da 1 cm = 1 m). Die Nivellierlatte selbst ist geteilt in 1-cm-Felder (Abb. 7), die zusätzlich schwarz-weiß abgehoben sind, so daß auf Distanzen bis 200 m (bei schmalen Latten) oder 300 m (bei breiten Latten) auf 1 cm genau abgelesen werden kann.

Abb. 7: Formen von Nivellierlatten (aus: GROSSMANN 1972)

1 = E-Teilung mit Dezimeterwechsel (EW)

2 = Einfache Nivellierlatte

3 = E-Schachbretteilung (ES)

Das Vorwärtseinschneideverfahren kann mit Hilfe zweier einfacher, selbst hergestellter Horizontalwinkel-Meßgeräte (s.Anhang) erheblich genauer durchgeführt werden, da bis auf $0{,}5^{\circ}$ bzw. $0{,}5^{g}$ genau abgelesen werden kann und ein Zielfernrohr mit Fadenkreuz die Peilung erleichtert. Wichtig hierbei ist die Horizontaljustierung der Geräte (Wasserwaage oder Setzlibelle).

2.1.3.5.) Anfertigung eines Geländehandrisses

Während der Feldarbeit ist es notwendig, sich eine Geländeskizze (Handriß) anzufertigen, in der die eingemessenen Punkte sowie Besonderheiten des Profils oder der Vegetation vermerkt werden.

Bei der Anfertigung der Skizze ist sehr sorgfältig vorzugehen, da die spätere kartographische Auswertung ohne einen Handriß meist nicht möglich ist. In Abb. 8 ist ein Beispiel für eine Geländeskizze aufgeführt, die bei der Erstellung der Vegetationskarte von Laigueglia (Italien) angefertigt wurde.

Abb. 8: Beispiel einer Geländeskizze Laigueglia 1978

Legende:

- x x x Kulturen
- Kiefern
- niedrige Macchie
- Pinien
- Flaumeichen
- Ölbäume
- hohe Macchie

2.1.4.) Kartographische Ausarbeitung

- kann zu Hause gemacht werden. Die Eintragung der Feldergebnisse in einen Protokollbogen erleichtert dabei die Auswertung.

Tabelle 5: Beispiel für ein Vermessungsprotokoll

Vermessung eines ..... mit Theodolith und Meßlatte
Abweichung der Horizontalachse gegen N: 130!.W Bezugshöhe der opt. Achse: 146,5 cm

Meßpunkt	Horizontalwinkel (^{o} oder g)	Distanzfäden oben (o)	mitte (m)	unten (u)	Entfernung (m) (= o - u) x 100	Neigungswinkel	Bemerkungen
1	131^{o}50'	234,1	244,8	250,1	16		Weggabelung
2	311^{o}50'	103,0	146,5	190,0	86,95		Aleppokiefer
3	318^{o}40'	60,0	87,0	95,0	35		Kleinklimastation

Sind optische Vermessungen durchgeführt worden, werden zunächst die Entfernungen der Punkte errechnet und evtl korrigiert (bei Hanglagen nach der Formel:

$$D = c \cdot l \cdot \cos^2 \beta$$

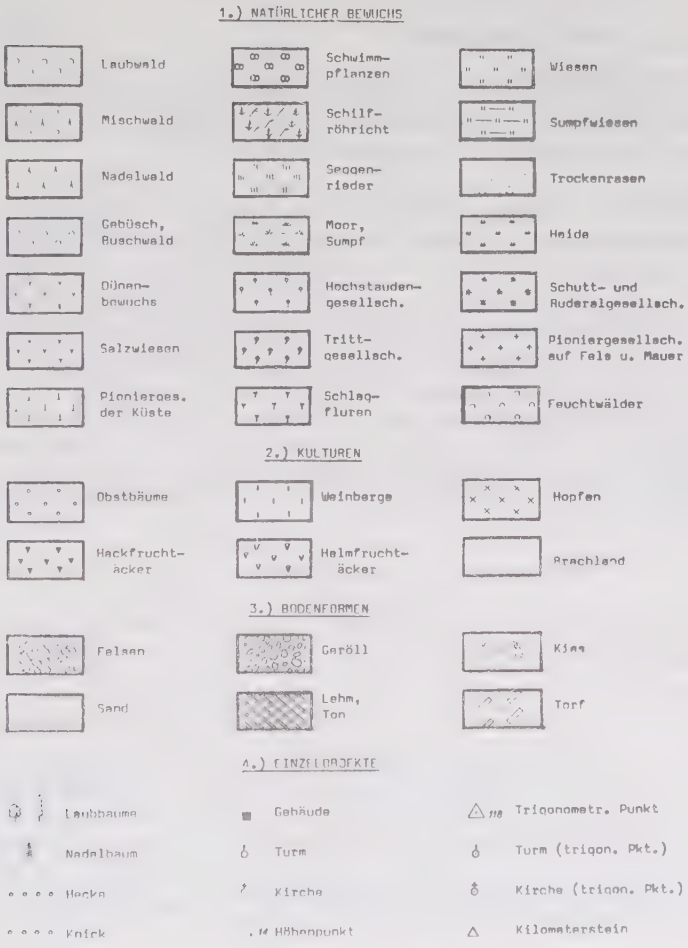
D = Entfernung
c = Konstante (=100)
l = Lattenabschnitt in cm
β = Neigungswinkel)

Nach der Umrechnung wird der Standpunkt (Standlinie) in bestimmtem Maßstab festgelegt und mit dem Nordpfeil (N) versehen. Anschließend werden die Azimute an den Standpunkten abgetragen: das Azimut wird mit dem Transporteur/Tachymeter auf dem Nordpfeil eingestellt und bei 0^o abgetragen. Dieses Verfahren ist genauer als normales Winkelabtragen mit dem Winkelmesser, da hierbei auch noch halbe Grade exakt abgetragen werden können.

Liegt die Geländegrundkarte vor, nimmt man die Geländeskizzen zur Hand und überträgt nun bestimmte Geländebesonderheiten (Hügel,Bäume) mit Maß und Azimut (im Handriß vermerkt) in die Grundkarte. Auch Vegetationsgrenzen und Probestellen werden in die Karte übernommen. Eine folgende Vervielfältigung der Karte erweist sich als günstig für weitere Arbeiten wie Standortuntersuchungen, pflanzensoziologische Aufnahmen, Bodenuntersuchungen etc.

Abschließend wird eine Übersicht kartographischer Signaturen dargestellt, die bei der Kartierung besonders der Pflanzengesellschaften helfen soll, da es bisher in der Literatur keine einheitlichen Zeichen für die verschiedenen Vegetationsformationen gibt (Ausnahme: Nadel- und Laubwälder).

Abb. 9: Legende kartographischer Signaturen
(nach SCHWEISSTHAL 1966, Topogr. Karten, LETRASET, MÜHLENBERG 1976)



2.2.) Bodenuntersuchungen

Zur Standortuntersuchung gehört die physikalisch-chemische Untersuchung wichtiger Bodenfaktoren wie Nährstoffgehalt, Körnigkeit, Wasserhaltekraft etc. Je nach Standort wird die Auswahl der Methoden variieren, so daß spezielle Methoden erst im speziellen Teil zu finden sind.

2.2.1.) Probenahme

Da Bodenuntersuchungen im Gelände sehr zeitraubend sind und die standortkundlichen Untersuchungen an sich schon recht umfangreich sind, sollte man eine erste Beurteilung mit Hilfe von Feldmethoden (s.u.) durchführen und Proben für eine spätere Untersuchung entnehmen.

Die Probe kann mit Stechzylindern bekannten Volumens entnommen werden. Der Stechzylinder (STEUBING 1965) wird auf die Bodenoberfläche gesetzt und unter geringem Druck in den Boden gestochen - dabei durchtrennt man mit einem Messer die Wurzeln etc. um den Zylindermantel herum und unterstützt somit den Abstich. Steht der Zylinder ganz im Boden, wird an einer Seite der Boden bis zur unteren Kante des Zylinders aufgegraben; dann schiebt man einen Klappspaten/Messer unter den Zylinder und löst somit die Probe. Der Zylinder wird herausgenommen, beschriftet und in einem Plastikbeutel transportiert (wichtig, damit die Bodenfeuchte erhalten bleibt). Wird im Gelände ein Aufschluß angelegt, kann man Proben direkt aus den entsprechenden Bodenhorizonten mit Schaufeln, Zylindern o.ä. entnehmen und in Plastikbeuteln transportieren. Mit dem PÜRCKHAUER-BOHRSTOCK können ebenfalls Proben bis 1 m Tiefe entnommen werden - allerdings ist die Probemenge relativ gering. Es sollten etwa 1000 g frischer Boden oder 5 Zylinder entnommen werden.

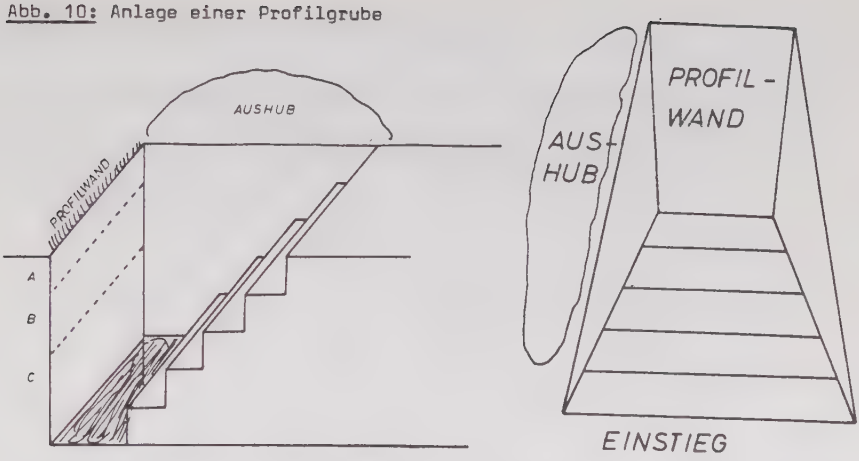
2.2.2.) Anlage eines Bodenprofils (Aufschluß)

Um ein Bild über Entwicklung und Zustand des Bodens zu gewinnen, ist ein Bodenprofil notwendig. Dazu ist ein Aufschluß im Gelände erforderlich, über dessen Anlage man mit dem Besitzer des Grundstückes Rücksprache nehmen sollte.

Man mißt eine Fläche von etwa 1 x 2 m ab und sticht die oberste Vegetationsschicht in Form von Plaggen (kleinere viereckige Platten) ab, die an einer Stelle geordnet aufbewahrt werden (FABRY 1950 b). Die folgenden Bodenschichten, sofern sie morphologisch/optisch unterscheidbar sind, werden ebenfalls getrennt am Grubenrand aufgeschüttet. Mindestens eine Wand der Grube wird senkrecht abgestochen und geglättet. Bei tiefen Gruben wird die Rückwand gegenüber der Profilwand in Form von Treppen abgestochen (Abb. 10). Die Grubensohle soll möglichst bis zum C-Horizont (=Ausgangsgestein) reichen. Sollte der C-Horizont sehr tief liegen (>1,5 m), verwendet man ab 1,5 m den PÜRCKHAUER-BOHRSTOCK.

Falls sich im Untersuchungsgelände eine Grube/Trichter befindet, können die Wände zur Untersuchung behandelt werden.

Abb. 10: Anlage einer Profilgrube



Eine Profilwand wird mit einem Spaten oder Messer soweit geglättet, daß die verschiedenen Bodenhorizonte zu erkennen (unterscheiden) sind.

Zur besseren Unterscheidung der Horizonte ist es angebracht, diese durch Einstecken von mit einer Schnur verbundenen Holzstäben (evtl. beschriftet) zu markieren; die Schnüre zeigen dann die Horizontlinien für alle Betrachter deutlich.

Die einzelnen Horizonte werden untersucht, vermessen (Zollstock) und auf Papier übertragen (gezeichnet). An die rechte Seite der Zeichnung sollte zu jedem Horizont eine Fingerstreichprobe mit transparentem Selbstklebefilm geklebt werden, um Farbe und Körnung eines jeden Horizontes zu fixieren.

Die eigentliche Bestimmung des Bodentypes richtet sich nach der Horizontausbildung, Farbe der Horizonte und ihrer Mächtigkeit sowie nach dem Ausgangsgestein (Abb. 11 u. 12).

Abb. 11: Bodenprofil einer Parabraunerde (häufigster Laubwald-Bodentyp) nach GANSSEN/HÄDRICH 1965

Ah humoser Oberboden; dunkel, locker

Al humusfreier, lockerer Oberboden; hellbraun, bröckelig

Bt Unterboden leicht "schmierig", mit Tonanreicherungen verklebt*; farbig gefleckt : hellbraun - dunkelbraun;

Bv

C Untergrund, Ausgangsgestein

*) Verklebung feststellbar mit der Messerprobe: flache Scheibe einschneiden, bleibt zusammen und zerfällt nicht

[illegible] für weitere Bodentypen (Profilaufbauten) sind in [illegible]

[illegible] wichtigsten Bodentypen Deutschlands (nach GANSSEN/HÄDRICH 1965)

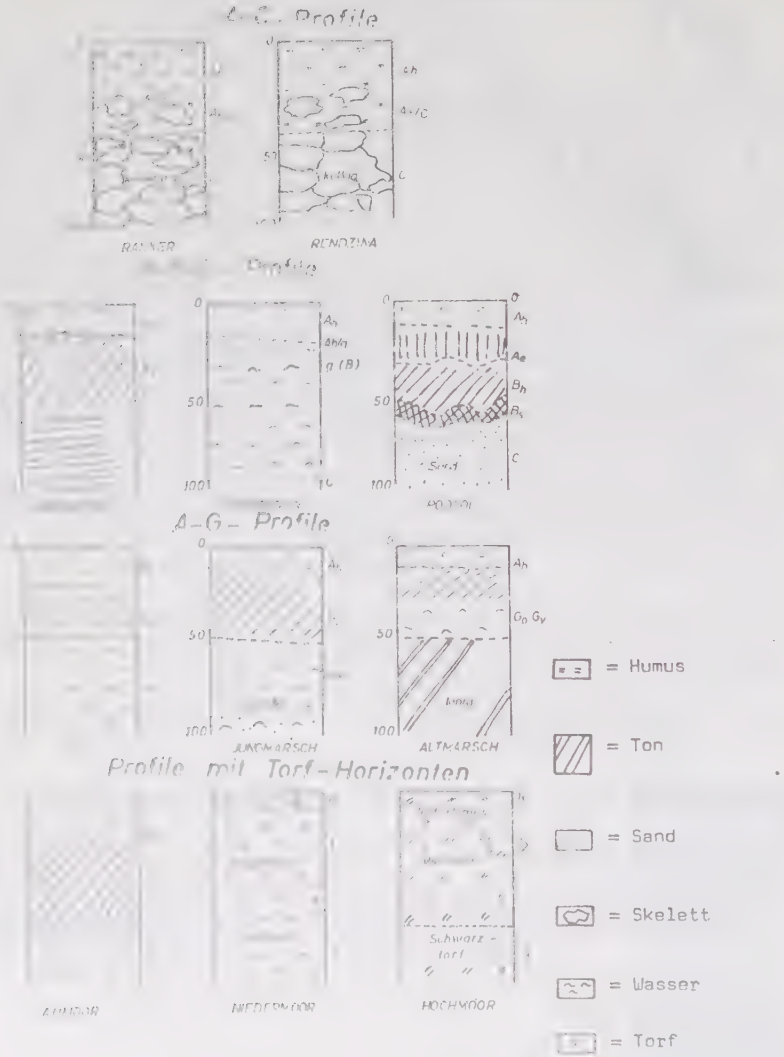


Tabelle 6: Vorschlag für eine Profilbeschreibung (Arbeitsblatt – Untersuchungsprotokoll)

Horizont	Profil	Tiefe (cm)	„Kurzbezeichn. d. Streichprobe	Farbe (Strich)	Besonderheiten
		0			
		10			
		20			
		30			
		40			
		50			
		60			
		70			
		80			
		90			
		100			
		110			
		120			
		130			
		140			
		150			

Mit dieser Geländeuntersuchung wird der Bodentyp festgestellt. [illegible]
suchungen zur Bodenart werden Proben aus allen Horizon[illegible]
Einfache Felduntersuchungen werden später beschrieben.

2.2.3.) Entnahme eines Bodenprofils (Lackabzug) nach FIEDLER (1973)

Arbeitsgeräte: Spaten, Messer, Rosenschere, Lötlampe oder Gasbrenner, Zeitung, Spritze (Unkrautspritze), Flachpinsel 3 - 5 cm breit, Rundpinsel 2 cm ∅, Verbandmull (Gaze), Schere, Spachtel, Plastikbeutel für Bodenproben, 3 x 5 l-Kanister (1 x 5 l Zaponlack unverdünnt, 1 x 5 l Aceton, 1 x 5 l Aceton-Lackgemisch 1:1), mehrere 500 ml-Dosen zum Verdünnen bzw. Auswaschen der Pinsel und Spritzen.

Kalkulation: ca. 2 l Zaponlack und ca. 4 l Aceton/m^2 Lackfilm.

Durchführung: in der Bodenprofilgrube wird möglichst die Nordwand zunächst mit dem Spaten geglättet (Nordwand, damit das Profil schneller trocknen kann) und anschließend mit dem Messer sorgfältig nachgeglättet (evtl. auch mit spachtel). Die Glättung der Profilfläche ist wichtig und muß sorgfältig durchgeführt werden. Ist das Profil sehr trocken (z.B. Dünensand) sollte die Profilwand zunächst mit Aceton vorgesprüht werden (anfeuchten); dazu bedient man sich einer einfachen Unkrautmittelspritze (Stabspritze) zur feinen Verteilung und damit zum schnelleren Eindringen des Acetons in den Boden.

Ist das Profil zu feucht (man merkt dies sofort beim ersten Besprühen des Profils mit Lack-Aceton*: es bildet sich eine milchig-weiße Färbung) und bindet nicht ab, wird es mit der Lötlampe getrocknet oder mit Aceton besprüht und abgebrannt (Vorsicht, Acetondämpfe sind schwerer als Luft).

Das Profil hat die richtige Feuchte, wenn die Bodenpartikel durch Feuchtigkeit zusammengehalten werden und bei einer Fingerprobe keine Nässe spürbar ist.

Mit der Zerstäuberspritze wird nun der verdünnte Zaponlack (1:1 oder 1:2 Lack: Aceton) mehrmals in Abständen von ca. 10 - 30 min. (Trockenzeit) aufgesprüht. Ist das Profil ca. 2 mm tief mit Lack getränkt (Kontrolle: an einer Seite werden einige Nägel mehrere cm tief in die Profilwand gesteckt und zur Kontrolle wird ein Nagel herausgezogen - der am Nagel haftende Boden kann gemessen werden und gibt die Durchtränkungstiefe an), läßt man antrocknen, bis kein Lack mehr an den Fingern haftet.

Der Trockenprozeß kann evtl. beschleunigt werden, wenn

---

*anstatt Lack-Aceton kann man auch Nitro-Lack und Nitro-Verdünnung in gleichen Verhältnissen benutzen

man nach dem Besprühen die Profilwand abbrennt (der Lack brennt schlecht oder nicht). Anschließend wird die noch warme Fläche weiter mit Lack-Aceton getränkt.

Nach dem Vortränken folgt die eigentliche Lackierung, bei der der 2:1 (Lack:Aceton) verdünnte Lack mit dem Flachpinsel Strich für Strich aufgetragen wird. Dabei sollte beachtet werden, daß keine Stelle 2 mal in einem Arbeitsgang bestrichen wird, da sich sonst der dünne Lackfilm abhebt.

Nach dem Abtrocknen wird unverdünnter Lack mit dem Pinsel aufgetragen. Hat die Fläche nach dem Abtrocknen eine glänzende Oberfläche, ist die Behandlung zunächst abgeschlossen, anderenfalls wird sie nochmals mit Lack bestrichen.

Um dem Lackfilm endgültigen Halt zu geben, wird nun nochmals Lack aufgetragen, der Verbandmull aufgelegt (evtl. unten mit Nägeln befestigen) und von unten nach oben mit Lack überstrichen. Der Mull soll an allen Unebenheiten der Oberfläche fest anliegen.

Anschließend läßt man das gesamte Profil trocknen (mehrere Stunden - notfalls bis zum nächsten Tag). Man muß darauf achten, daß die Nord-(Profil-) Wand nicht betreten wird, weil sonst die Wand evtl. zusammenbrechen kann und das Lackprofil zerstört wird.

Nach vollständiger Trocknung wird der Boden rings um das Profil mit dem Messer einige cm tief eingeschnitten. Dann wird das Profil an der Oberfläche mit dem Messer oder Spaten von der Vegetationsdecke gelöst (ca. 3 - 5 cm Profiltiefe) und vorsichtig nach unten hin abgelöst, wobei evtl. Spaten und Messer zum Abtrennen benutzt werden müssen. Das abgenommene Profil wird auf eine passende Holzplatte (Hartfaserplatte) geklebt und abtransportiert.

Für spätere Ausbesserungsarbeiten empfiehlt es sich, aus allen Horizonten Bodenmaterial zu entnehmen (Plastikbeutel), bevor der Aufschluß wieder zugeworfen wird.

Im Labor wird das Profil zunächst einige Tage zur Austrocknung ausgelegt. Nach etwa 5 - 7 Tagen kann dann mit den Ausbesserungsarbeiten begonnen werden.

Zunächst werden locker haftende Bodenteilchen mit einem Pinsel oder einer Bürste entfernt. Stellen, an denen zu wenig Lack und Bodenteilchen sind, werden mit etwas Lack betupft und mit getrocknetem Boden des entsprechenden Horizontes bestreut.

Zum Abschluß sollte der überschüssige Lack (bei glänzender Profilseite) durch Abtupfen mit Aceton soweit zurückgedrängt werden, daß der Glanz verschwindet und die Boden-

oberfläche natürlich (mattglänzend) erscheint.

Die Ränder des Profils werden mit dem Messer geglättet und an der Hartfaserplatta können Winkelleisten angebracht werden, deren freie Schenkel etwas über die Profilfläche greifen (sauberer Abschluß). Dieser Winkelleistenabschluß erspart zeitraubende Feinarbeit am Rande des Profils, da hier bei zu späten Ausbesserungsarbeiten leicht Brüche auftreten können.

Die Anlage einer Sammlung der häufigsten Bodar[illegible] (s.S.20) in Form von Lackprofilen wird empfohlen, da anhand der natürlichen Profile (in der Regel ca 120 cm hoch) die Unterschiede am "gewachsenen" Boden viel deutlicher dargestellt werden können als an Schemazeichnungen entsprechender Profile. Das Beobachten am Objekt schult den Blick!

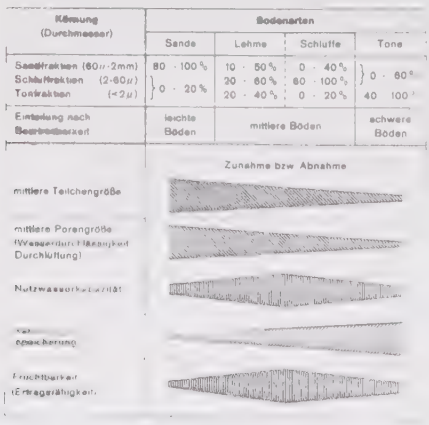
2.2.4.) Feldmethoden zur Bodenuntersuchung

Die mehr qualitativen Feldmethoden reichen in den meisten Fällen zu einer ersten Beurteilung des Bodens aus - darum sollen auch einfache Feldmethoden vorgestellt werden. Bei intensiven Untersuchungen sollten allerdings die Labormethoden im Klassenraum/Labor durchgeführt werden; für Anfänger hingegen reichen Feldmethoden aus.

2.2.4.1.) Ermittlung der Bodenart

Im Zusammenhang mit dem [illegible]typ interessiert die Bodenart*, da sie u.a. wichtige Aufschlüsse über die Wasserverhältnisse bietet (Abb. 13).

Abb. 13: Bodenart und Bodenfruchtbarkeit (aus: FINCK 1976)



*) Zusammensetzung des Bodens aus Einzelkörnern verschiedener Größe

2.2.4.1.1.) Vorprobe

Die Vorprobe zur Feststellung der Bodenart besteht in der Fingerprobe. Man nimmt eine Bodenprobe und zerreibt sie zwischen Daumen und Zeigefinger; nach dem Gefühl, dem Aussehen und der Formbarkeit werden unterschieden :

I	körnig; rauh.....Sand (S)	nach FABRY 1950
	rauh.....lehmiger Sand (lS)	
	stumpf; feucht klebend, trocken verstaubend..Löß1ehm (L)	
	rauh; feucht formbar.....sandiger Lehm (sL)	
	rauh; feucht knet- und formbar.....Lehm (L)	
II	schlüpfrig; feucht klebrig, knet- und formbar formbar..... schwerer Lehm und Ton (tL)	
	fettig oder seifig.....Ton (T)	
	Läßt sich eine Probe zwischen Fingern und Händen bleistiftdick ausrollen ⟶ sL, L, T	

Böden der Kategorie I (Sande, Lehme) lassen sich mit Hilfe der Wald - schlämmanalyse nach KRUEDENER genauer erfassen (s.u.); Tonböden müssen mit Labormethoden genauer untersucht werden.

2.2.4.1.2.) Schlämmanalyse nach KRUEDENER (Feldmethode)

Geräte: Prüfgläser (Reagenzgläser) mit flachem Boden und Markierungen in 2,5 cm und 8 cm Höhe mit Verschluß (Korken, Gummistopfen),
1 Flasche ammoniakhaltiges Wasser (5 ml Ammoniak/ 1 l Wasser)
1 Tropfflasche Ammoniak 25 %ig
1 Lineal oder Maßstab
Filzschreiber (wasserfest) oder Klebeetiketten und Bleistift
1 Tragegestell für Prüfgläser (Reagenzglasständer in kleinem Koffer

Durchführung : Eine Bodenprobe wird in der Handfläche mit den Fingern zerrieben und von Grobbodenteilen (Steinchen etc.) befreit. Die zerdrückte Probe wird in ein Prüfglas bis zur unteren Markierung gefüllt - die Probe muß dicht im Glas liegen, deshalb Prüfglas mehrfach kräftig in der Hand stauchen und die Füllhöhe kontrollieren.
Dann mit ammoniakhaltigem Wasser bis zum 2. Meßstrich füllen (das ammoniakhaltige Wasser verhindert eine Ausflockung von Tonteilchen), das Glas verkorken und kräftig schütteln, bis sich Probe und Wasser verteilt haben; bei stark lehmigen Böden werden die Proben zunächst "eingeweicht" und dann kräftig geschüttelt. Das Schütteln wird plötzlich unterbrochen und das Prüfglas in senkrechte Lage gebracht:

1. Schicht nach 3 sec merken (Daumennagel daran halten)

2. Schicht nach 8 sec merken und im Auge behalten.

Anschließend einen Maßstab an das Prüfglas halten, die Schichten

abmessen und ihre Höhe notieren. Das Prüfglas wird in den Ständer gestellt.

Dann wird die genaue Höhe der beiden Schichten auf die Gesamthöhe (2,5 cm) umgerechnet und als %-Angabe bestimmt (vgl. Tab. 7).

Die 1.Schicht (3 sec) besteht aus Grob- und Mittelsand; die 2. Schicht (8 sec) besteht aus Feinsand; die 3. Schicht besteht aus dem Abschlämmbaren (Ton und Schluff), dessen Sedimentation einige Stunden beansprucht.

Beispiel: Einfüllhöhe des Bodens : 2,5 cm
nach Schütteln und Sedimentation gemessene Höhen:

Grob- und Mittelsand	: 2,5 mm =	10 %
Feinsand	: 5,0 mm =	20 %
Abschlämmbares	:17,5 mm =	70 %
	25,0 mm =	100 %

Ergebnis: Sand 30 %, Abschlämmbares 70 %; Bodenart nach Tab. 7 : Ton

Tabelle 7: Abgrenzung der Bodenarten nach dem deutschen Bodenschätzungsgesetz (aus STEUBING 1965, S. 121)

Gehalt an Abschlämmbarem (%) der Feinerde*	Bodenart
0 – 9	Sand
10 – 13	anlehmiger Sand
14 – 18	lehmiger Sand
19 – 23	stark lehmiger Sand
24 – 29	sandiger Lehm
30 – 44	Lehm
45 – 60	schwerer Lehm
61 – 100	Ton

Die verschlossenen Probegläser werden in das Gestell gestellt und mitgenommen. Im Labor (Klassenraum) können die Proben später genauer auf ihre Korngrößenzusammensetzung untersucht werden, wenn nach einigen Tagen auch der Ton sedimentiert ist.

*) Feinerde : Bodenbestandteile unter 2 mm Durchmesser

2.2.4.2.) Schätzen der Humusart

Im Gelände läßt sich die Humusart am besten nach Gefüfe (Farbe) und Geruch feststellen (Tab. 8 und 9).

Tabelle 8: Abschätzung der Humusart (nach BRUCKER/KALUSCHE 1976)

Rohhumus : rötlich-braun bis braun, moderiger Geruch
faserige, dichte Lagerung, viele unzersetzte Pflanzenteile, saure Reaktion

Moder : Übergangsform zwischen Rohhumus und mildem Humus (=Mull)

Mull, milder Humus : dunkelbraun bis schwarz
Erdgeruch (Ackerboden)
lockere Lagerung, Krümel
nur obere Schicht mit Pflanzenteilen
schwach saure bis neutrale/basische Reaktion

Tabelle 9: Abschätzung nach der Bodenfarbe (nach FABRY 1950)

Lehm- und Tonböden :	grau-schwarze Farbe :	5 - 10 % Humus
Sandböden (feucht) :	leicht grau	: 0,2 - 0,5 % Humus
	tiefgrau	: 2 - 4 % Humus
	schwarz	: 5 % Humus

Ein objektiveres Verfahren zur Ermittelung der Humusart und -qualität ist die Feststellung der Stabilitätszahl nach HOCK (FABRY 1950 und ROHLING o.J.).

Geräte: 2 Meßzylinder (50 ml)
Probegläser
1 Flasche 1 %ige Natriumoxalatlösung
1 Flasche 0,5 %ige Natronlauge
1 Flasche destilliertes Wasser

Durchführung: Man füllt 2 Probegläser mit der gleichen Menge Humus und füllt 1 Probeglas mit der 10fachen Menge Natriumoxalatlösung, das andere Probeglas mit der 10fachen Menge Natronlauge. Beide Probegläser mehrfach schütteln, Proben einige Zeit im Gestell absitzen lassen und die Farben beider Lösungen vergleichen (Tab. 10).

Tabelle 10: Bestimmung der Humusart (nach ROHLING o.J.)

	milder Humus	Rohhumus
Löslichkeit in Wasser	sehr gering	groß (Schwarzwasser)
Lösung in Na-Oxalat	braun	-
Lösung in NaOH	-	braun

Bei stark differierender Farbintensität entnimmt man beiden Probegläsern die gleiche Menge Extrakt und füllt diese in die Meßzylinder. Beide Meßzylinder werden auf eine helle Unterlage gestellt (Papierbogen) und von oben (Aufsicht) verglichen. Den dunkleren Extrakt verdünnt man nun so lange mit destilliertem Wasser, bis sich Farbgleichheit einstellt.

Nun bildet man den Quotienten aus der Natriumoxalatlösung und der NaOH-Lösung nach der Formel :

$$\frac{\text{ml } Na_2C_2O_4\text{-Lösung}}{\text{ml NaOH-Lösung}} = \text{Stabilitätszahl}$$

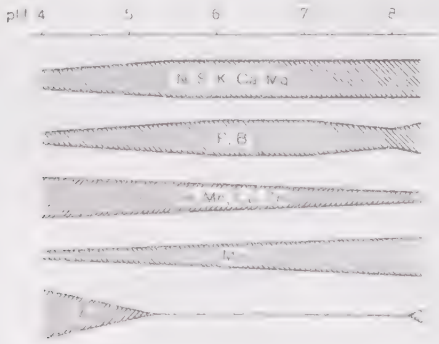
Tabelle 11: Beurteilung der Humusform nach der Stabilitätszahl

Stabilitätszahl	Humusform/Güte	
0,5	gering bis schlecht	Je höher also die
0,5 - 1,0	gering bis mittel	Stabilitätszahl ,
1,0 - 5,0	mittel bis gut	
5,0 - 10,0	gut	umso besser ist
10,0	sehr gut	die Humusform.

2.2.4.3.) Bestimmung der Bodenreaktion

Abhängig vom Untergrund und von der Humusauflage (Humusart) ist die Bodenreaktion (pH-Wert). Eng verknüpft mit der Bodenreaktion ist der Gehalt des Bodens an pflanzenverfügbaren Nährstoffen (Abb. 14)

Abb. 14: Abhängigkeit der pflanzenverfügbaren Nährstoffe vom pH-Wert (aus FINCK 1976)

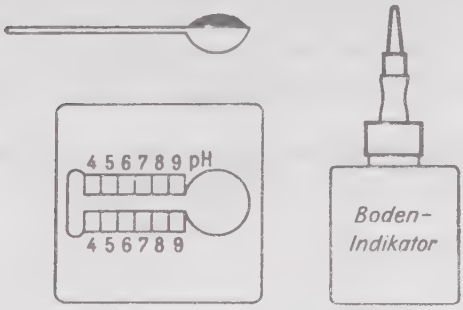


Die einfachste Methode zur Bestimmung der Reaktion ist die Indikatormethode:

Man füllt etwas Boden in ein Reagenzglas und gibt einige Tropfen Universalindikator (flüssig) auf den Boden. In relativ kurzer Zeit färbt sich die Indikatorlösung entsprechend dem pH-Wert des Bodens. Durch Vergleich der Farbe mit einer speziellen Farbskala kann der pH-Wert abgelesen werden.

Ein brauchbarer Satz zur Boden-pH-Bestimmung ist das Boden-pH-Meter der Firma HELLIGE , ein komplettes Testbesteck zur pH-Bestimmung, bestehend aus : 1 Flasche Universalindikator flüssig (reicht für ca. 100 Tests)
1 Schale mit Mulde (für Boden) und aufgedruckter pH-Wertskala neben der Laufrinne für die Indikatorlösung
1 Meßlöffel

Abb. 15: Boden-pH-Meter der Firma HELLIGE



Je nach Ausrüstung ist es einfacher und genauer, den pH-Wert elektrometrisch zu bestimmen (elektrische pH-Meter). Dazu gibt es spezielle Bodenelektroden, die armiert sind und einfach in den Boden gesteckt werden können. Die normalen Einstabmeßketten machen eine Bodensuspension von 2,5 T dest. Wassers und 1 T Boden erforderlich, in die die Elektrode zur Messung eingetaucht wird. Anschließend wird das Gerät eingeschaltet und der pH-Wert direkt abgelesen. Die Beurteilung erfolgt nach Tab. 12.

Tabelle 12: Übersicht über Reaktionszahlen des Bodens (nach FABRY 1950 und BRUCKER/KALUSCHE 1976)

pH-Wert	Beurteilung	Bodenreaktionszahl*
4,5	stark sauer	1
4,6 - 5,5	sauer	3
5,6 - 6,4	schwach sauer	5
6,5 - 7,2	neutral	7
7,3 - 8,5	alkalisch	8
8,5	stark alkalisch	9

*) in Anlehnung an die Zeigerwe

2.2.4.4.) Bestimmung des Wassergehaltes und der Bodenfeuchte

Eine sehr einfache und im Gelände zu benutzende Methode zur Bestimmung des Bodenwassergehaltes stellt das "C-M-Gerät*" dar.

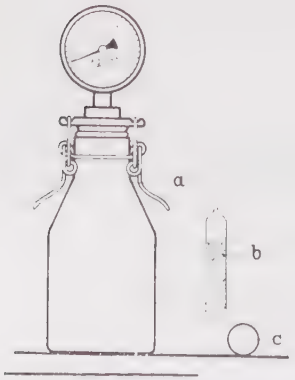
Prinzip der Methode: Karbid reagiert mit Wasser unter Bildung von Azetylen. Das Azetylen erzeugt in einer gasdichten Stahlflasche einen bestimmten Druck, der der Menge an Azetylen äquivalent ist.

Geräte : C-M-Gerät mit Stahlkugeln und Carbid-Ampullen
Waage
Flaschenbürste

Das "C-M-Gerät" besteht aus einer Stahldruckflasche mit Manometer (Abb. 16). In die Flasche wird eine abgewogene Menge frischen Bodens gefüllt; dazu werden 2 - 4 Stahlkugeln gegeben und eine Ampulle mit zerstoßenem Carbid vorsichtig in die geneigte Flasche eingebracht. Danach wird das Gerät mit dem Manometerdeckel dicht verschlossen. Die Ampulle wird nun durch Schüttelbewegungen der Flasche mit Hilfe der Stahlkugeln zertrümmert und der Boden mit dem Carbid vermischt. Nach 10 - 15 min ist die Reaktion des Carbids mit dem Bodenwasser beendet, und der Druck am Manometer wird abgelesen. In einer dem Gerät beiliegenden Tabelle kann der Feuchtigkeitsgehalt des Bodens abgelesen werden.

Das Gerät selbst wird nach dem Ablesen des Druckes vorsichtig geöffnet (das gebildete Azetylen ist feuergefährlich) und entleert**. Nach kurzer Säuberung mit einer Flaschenbürste ist das Gerät sofort wieder einsatzbereit.

Abb. 16: C-M-Gerät (aus STEUBING 1965)



Manometer-Enddruck	Wassergehalt in % Einwaagen				
	20 g	15 g	10 g	5 g	3 g
0,10	0,5	0,6	0,9	1,8	3,0
0,15	0,7	0,9	1,4	2,8	4,7
0,20	0,9	1,2	1,9	3,8	6,3
0,25	1,2	1,6	2,4	4,8	8,0
0,30	1,5	1,9	2,9	5,8	9,7
0,35	1,7	2,3	3,4	6,8	11,3
0,40	2,0	2,6	3,9	7,8	13,0
0,45	2,2	2,9	4,4	8,8	14,7
0,50	2,5	3,2	4,9	9,8	16,3
0,55	2,7	3,6	5,4	10,8	18,0
0,60	3,0	3,9	5,9	11,8	19,7
0,65	3,2	4,3	6,4	12,8	21,3
0,70	3,5	4,6	6,9	13,8	23,0
0,75	3,7	4,9	7,4	14,8	24,7
0,80	4,0	5,3	7,9	15,8	26,3
0,85	4,2	5,6	8,4	16,8	28,0
0,90	4,5	5,9	8,9	17,8	29,7
0,95	4,7	6,3	9,4	18,8	31,4
1,00	5,0	6,6	10,0	19,9	33,2
1,05	5,2	7,0	10,5	20,9	34,9
1,10	5,5	7,3	11,0	21,9	36,5
1,15	5,7	7,6	11,5	22,9	38,2
1,20	6,0	8,0	12,0	23,9	39,9
1,25	6,2	8,3	12,5	24,9	41,6
1,30	6,5	8,7	13,0	26,0	43,3
1,35	6,8	9,0	13,5	27,0	45,0
1,40	7,0	9,3	14,0	28,0	46,7
1,45	7,3	9,7	14,5	29,0	48,3
1,50	7,5	10,0	15,0	30,0	50,0

*) Lieferfirma: Riedel de Haen, Hannover

**) Überschüssiges Carbid (besonders bei wasserarmen Böden) sollte in einem verschließbaren Blechgefäß gesammelt werden und über Nacht geöffnet an einen luftigen Ort gestellt werden; das Carbid zersetzt sich durch die Luftfeuchtigkeit ohne gefährliche Reaktionen. Das Carbid soll auf keinen Fall mit Wasser vernichtet werden (starke Hitze und Explosionsgefahr).

Neben der quantitativen Bestimmung des Wassergehaltes mit dem C-M-Gerät sollte im Gelände der Feuchtezustand des Bodens ermittelt werden.

Dazu wird eine frische Bodenprobe entnommen und auf Farbe und Wasseraufnahme bzw. Wasserabgabe geprüft (Tab. 13).

Tabelle 13: Bestimmung der Bodenfeuchte (nach BRUCKER/KALUSCHE 1976)

Feuchte	zerdrücken	zu einem Ball formen	mit wenig Wasser befeuchten	Feuchtewert*
dürr	staubt	bindet nicht	dunkelt stark oder nimmt kein Wasser an	1
trocken	staubt nicht	bindet nicht	dunkelt etwas	3
frisch	staubt nicht	läßt sich formen (außer Sand)	dunkelt nicht	5
feucht	klebt	läßt sich gut formen und gibt wenig Wasser ab	dunkelt nicht	7
naß	gibt freies Wasser ab	nachdem viel Wasser herausgedrückt ist, läßt es sich formen	dunkelt nicht	9

Das Ergebnis dieser Untersuchung wird in das Protokoll unter der Rubrik "Feuchte" als Feuchtewert eingetragen; sollten bei der Untersuchung Zwischenstufen ermittelt werden (z.B. trocken bis frisch) können die Zwischenwerte (hier: 4) eingetragen werden.

2.2.4.5.) Bestimmung des Kalkgehaltes

Geräte: 1 Tropfflasche mit 5 %iger Salzsäure
Probeglas

Durchführung: Man füllt eine Probe ins Glas und gibt einige Tropfen HCl darauf; aus der Reaktion kann man auf den Kalkgehalt schließen (Tab. 14).

Tabelle 14: Salzsäure-Reaktion und Kalkgehalt (nach BRUCKER/KALUSCHE 1976)

kein Aufbrausen	weniger als 0,5 % Kalkgehalt	≙ kalkfrei-kalkarm
kurzes, schwaches Aufbrausen	0,5 - 2 % Kalkgehalt	schwacher Kalkgehalt
deutliches, nicht anhaltendes Aufbrausen	3 - 4 % Kalkgehalt	mäßiger Kalkgehalt
starkes, anhaltendes Aufbrausen	5 % und mehr Kalkgehalt	starker Kalkgehalt

*) in Anlehnung an die Zeigerwerte nach ELLENBERG 1974 bestimmt

2.2.4.6.) Leitfähigkeit

Geräte: einfache LF-Meßbrücke (im Anhang) oder Leitfähigkeitsmesser
Elektrode (im Anhang)
PVC- oder Glasgefäß
1 Flasche destilliertes Wasser

Durchführung: Man stellt eine Bodensuspension her, läßt absitzen und filtriert bzw. dekantiert, wenn die Suspension zu trübe ist. Anschliessend wird die Probe in das Meßgefäß gefüllt und die Elektrode in die Meßlösung getaucht; am Leitfähigkeitsmesser kann die Leitfähigkeit direkt in µS (Mikrosiemens) abgelesen werden; bei Verwendung der Meßbrücke ist die Umrechnung im Anhang beschrieben.

Die Messung der Leitfähigkeit des Bodens gibt Aufschluß über die Ionenkonzentration der Bodenlösung. Sie ersetzt keine chemische Untersuchung, kann allerdings (je nach Fragestellung) für die Felduntersuchung wertvolle Informationen über die Ionenverteilung im Boden geben (Ionen sind häufig auch Nährstoffe).

2.2.4.7.) Einfache chemische Untersuchungen

Für chemische Untersuchungen sollte ein kleiner Untersuchungskoffer (Beispiel im Anhang) zusammengestellt werden. Die Untersuchung des Chemismus kann sich beschränken auf die wichtigsten Nährstoffe Stickstoff (N), Phosphor (P) und Kalium (K) in qualitativen bzw. halbquantitativen Nachweisen. Ergänzende Untersuchungen auf Eisen und Chlorid sind ebenfalls empfehlenswert.

Die Grundnährstoffe (N,P und K) sind im Boden in unterschiedlicher Menge vorhanden und bedingen dadurch Unterschiede in der Vegetation und in der Bodengüte. Die qualitativen Meßverfahren lassen unter Zuhilfenahme von Farbtafeln halbquantitative Messungen zu.

2.2.4.7.1.) Stickstoff und seine Verbindungen

Stickstoff kommt im Boden hauptsächlich als Ammoniumsalz und als Nitrat vor. Ammonium entsteht beim Abbau organischer Substanzen und wird von Bodenorganismen (Bakterien) zu Nitrat oxidiert. In schlecht durchlüfteten Böden wird der Oxidationsprozeß gehemmt und es tritt viel Nitrit (Zwischenprodukt, GIFT) auf. Für die Untersuchung auf Stickstoff wird meist Ammonium und Nitrat nachgewiesen.

Stickstoff kann in Böden häufig Minimumfaktor sein.

Ammoniumnachweis

nd Reagenzien: Proberöhrchen
1 Tropfflasche mit Neßlers Reagenz (Vorsicht GIFT)
1 Tropfflasche mit 50 %iger Kalium-Natriumtartratlösung

Durchführung: ca. 1 g Probe werden im Reagenzglas mit einigen ml destillierten Wassers geschüttelt und gefiltriert oder dekantiert. Dann einige Tropfen Kalium-Natriumtartratlösung und einige Tropfen Reagenz dazugeben.
Eine Rotfärbung zeigt die Anwesenheit von Ammoniumionen

eine Verfärbung der Lösung nach gelb-braun.

Schätzskala: Nachweisgrenze : 0,2 ppm (= mg/kg)
blaßgelbe Färbung : ca. 1 ppm
hellgelb - bernsteinfarbig: ca. 10 ppm
gelber - orangefarbener Niederschlag: ca. 100 ppm
orangefarbiger - brauner Niederschlag: ca 1000 ppm

Nitratnachweis

Mit Indikatorstäbchen halbquantitativ; erfaßt gleichzeitig Nitrit.
Man extrahiert aus einer Probe mit wenig destilliertem Wasser, taucht den Indikatorstab ein, spült evtl. anhaftende Bodenteilchen mit destilliertem Wasser vom Indikatorfeld ab und vergleicht mit den Farbfeldern auf der Dose.
Nachweisgrenze : 10 mg NO_3^-/kg Boden

2.2.4.7.2.) Phosphor-Nachweis

Im Boden kommt Phosphor in Form von Salzen vor (Phosphate) durch die Verwitterung phosphathaltigen Gesteins, Düngung oder durch den Abbau organischer Substanzen. Phosphat stellt besonders in Gewässern einen wichtigen Minimumfaktor dar.

Geräte und Reagenzien: Probegläser
1 Glas Kochsalz
1 Packung Zinnfolie oder Zinndraht
1 Tropfflasche Ammoniumheptamolybdat-Schwefelsäure
(10 g Ammoniumheptamolybdat in 100 ml destilliertem Wasser lösen und mit 300 ml 50 %iger Schwefelsäure versetzen - ergibt 400 ml Lösung, die in brauner Flasche längere Zeit haltbar ist)

Durchführung: Im Probeglas wird mit destilliertem Wasser aus einer Bodenprobe extrahiert. Die dekantierte oder filtrierte klare Lösung wird mit wenig Kochsalz versetzt. Nachdem sich das Salz gelöst hat, einige Tropfen Ammoniumheptamolybdat-Schwefelsäure zufügen und eine Zinnfolie zugeben oder mit Zinndraht gut umrühren. Bei Anwesenheit von Phosphationen tritt eine Blaufärbung auf.

Nachweisgrenze: 5 mg PO_4^{3-}/ kg Boden (lösliche Phosphate)

2.2.4.7.3.) Kalium-Nachweis

Kaliumionen können im Boden durch Verwitterung aus Gestein freigesetzt werden, können aber bei niederschlagreichem Klima rasch ausgewaschen werden, so daß in vielen Böden Kaliummangel herrscht.

Geräte und Reagenzien: Probegläser
1 Tropfflasche mit gesättigter Natriumhexanitrokobaltatlösung in 10 %iger Essigsäure

Durchführung: Boden mit dest. Wasser suspendieren und die Feststoffe sedimentieren lassen; anschließend dekantieren oder filtrieren. Dem Extrakt einige Tropfen Reagenz (s.o.) zufügen - bei Anwesenheit von Kalium zeigt sich ein gelber Niederschlag von Kaliumhexanitrokobaltat.

oder: Kaliumnachweis mit Indikatorstäbchen :
Ein Kaliumindikatorstäbchen (MERCKOQUANT K^+-Test) wird in den Extrakt getaucht und anschließend kurz in eine 0,1 n Salpetersäurelösung getaucht. Danach wird die Testzone mit der Farbskala verglichen.

Nachweisgrenze : 300 mg/kg Boden

2.2.4.8.) Ermittelung von Bodendichte und Gefüge / Krümelstabilität

Bodendichte und Krümelstabilität sind wichtig für die Bodendurchlüftung und den Wasserhaushalt : sehr dichte Böden mit geringer Krümelstabilität sind meist schlecht durchlüftet und feucht und machen somit vielen Pflanzen ein Leben unmöglich; sie sind auch zur Nutzung unbrauchbar.

Geräte: Teller, Wasser, ein Messer

Ausführung I : Die Bodendichte wird ermittelt, indem man ein Messer in den Boden drückt - je nach Widerstand teilt man die Böden in 4 Stufen ein (Tab. 15).

Tabelle 15: Bodendichte (nach BRUCKER/KALUSCHE 1976)

sehr dicht : Messer ist nur mit Gewalt in den Boden zu treiben

dicht : Messer ist nur schwer 1 - 2 cm tief einzudrücken

mäßig dicht : Messer ist mit wenig Kraft einzudrücken

locker : Boden zerfällt bereits bei leichtem Drücken

Ausführung II: 10 Bodenteile (ca. 1 - 3 mm ∅) werden auf einen Teller gelegt, mit Wasser übergossen und 30 sec kreisend bewegt (Tab. 16)

Tabelle 16: Krümelstabilität (nach BRUCKER/KALUSCHE 1976)

Zerfall	Stabilität
kein Zerfall oder nur große Bruchstücke	sehr groß (1)
vorwiegend große Bruchstücke	groß (2)
etwa gleichviel große und kleine Bruchstücke	mittel (3)
vorwiegend kleine und wenig große Bruchstücke	mäßig (4)
nur kleine Bruchstücke und Trübung	gering (5)
völliger Zerfall und Trübung	sehr gering (6)

2.2.4.9. Protokollvorschlag für die Feldbodenuntersuchung

Wie bei vielen Untersuchungen empfiehlt es sich, einen Protokollvorschlag für die Bodenuntersuchung im Gelände vorzugeben. Dies gewährleistet die Übersicht und "daß nichts vergessen wird".

Tiefe (cm)	Profil-horizont	Bodenart	Humus	Reaktion	Feuchte	Wasser-gehalt	Kalk-gehalt	LF	PO_4^{---}	K^+	NH_4^+	NO_3^-	NO_2^-	Boden-dichte	Krümel-stabilität

Abkürzungen für das Protokoll

Bodenart: S = Sand L = Lehm T = Ton
s = sandig l = lehmig t = tonig

Humus: H^+ = guter, milder Humus H^- = Rohhumus Ht = Torf

Reaktion: pH-Werte

Feuchte: Wert nach Tabelle 13

Wassergehalt: % Wasser

Kalkgehalt: - = kalkfrei-kalkarm $\pm$ = schwach + = mäßig ‡ = stark

LF: Wert in Ω oder µS (Mikro-Siemens)

NH_4^+: mg lt. Skala NO_3^-: mg lt. Skala NO_2^-: mg lt. Skala

oder - wenig $\pm$ mittel ‡ stark

PO_4^{---}: - = nicht vorhanden + = wenig vorhanden (hellblau)
‡ = viel vorhanden (dunkelblau)

K^+: - = nicht vorhanden + = vorhanden

Bodendichte: sd = sehr dicht d = dicht md = mäßig dicht l = locker

Krümelstabilität: Werte lt. Skala (1 - 6)

2.2.5. Labormethoden

Die im folgenden beschriebenen Labormethoden sind teilweise nur im Labor durchführbar, teilweise sollen sie die Feldanalyse-Ergebnisse verfeinern bzw. quantifizieren. Eine exakte Aussage über den Boden läßt sich erst machen, wenn Werte mit quantifizierten Angaben vorliegen (direkte Vergleichbarkeit).

2.2.5.1. Grundausrüstung für das Labor

Als Grundausrüstung sollte die folgende Gerätezusammenstellung für die Laboruntersuchungen vorhanden sein:

1 Siebapparat mit 1 Siebsatz folgender DIN-Maschenweiten:
5 mm; 2 mm; 1 mm; 0,65 mm; 0,2 mm; 0,065 mm
(bzw. mindestens: 2 mm; 0,2 mm; 0,065 mm)
mindestens 5 Atterbergzylinder
1 "Muffelofen" (Porzellanbrennofen für Temperaturen bis 1100°C)
oder: Bunsenbrenner, Dreifuß, Tondreieck, Porzellanschalen
1 Waage (Balkenwaage 1/10 g) oder elektr. Analysenwaage
1 elektr. pH-Meter oder Kolorimeter mit Farbscheibe für die pH-Bestimmung (z.B. HELLIGE-Komparator, ergänzbar durch weitere Farbscheiben für chemische Untersuchung, s.u.)
1 Leitfähigkeitsmesser oder -Meßbrücke mit Elektrode
mehrere Glasrohre (Durchmesser 30 mm) oder Plexiglasrohre (Durchmesser 30 mm) mit Stopfen (1 x durchbohrt, 2 x durchbohrt, nicht durchbohrt)
mehrere Meßbecher
1 Trockenschrank
1 Kalkmesser (sog. KIPP'scher Apparat, vgl. S.)
1 Kolorimeter (HELLIGE) mit Farbscheiben für Phosphat, Eisen, Nitrat, Nitrit, NH_4
Reagenzien bzw. Reagenziensätze
mehrere Meßzylinder (100, 250, 500 ml)
mehrere Standzylinder
mehrere Erlenmeyerkolben (je 50, 100, 250, 500 ml)
mehrere Meßkolben (50, 100, 250, 1000 ml)
mehrere Bechergläser (groß, klein, Glas/Kunststoff)
mehrere Spritzflaschen
mehrere Tropfflaschen
viele Reagenzgläser verschiedener Größen (9 mm, 18 mm, 30 mm Durchmesser)

2.2.5.2.) Bestimmung der Bodenart

Die exakte Bestimmung der Bodenart erfordert einen größeren materiellen und zeitlichen Aufwand als die Feldmethode.

Die Bestimmung erfolgt in 2 Schritten :

1. Trennung der groben von den feinen Bestandteilen (5 mm, 0,065 mm) durch trockene Siebung
2. Bestimmung des Feinanteils in den einzelnen Fraktionen (Feinsand, Schluff und Ton) durch die Schlämmanalyse

Die Proben werden lufttrocken verarbeitet.

Man wiegt 100 g Boden ab und zerkleinert gröbere Aggregate. Dann wird die Probemenge in die Schüttelmaschine (oberster Siebeinsatz 5 mm) gegeben und ca. 1/2 Std geschüttelt und gesiebt.

Anschließend wird jede Fraktion gewogen und das Ergebnis in einen Protokollbogen eingetragen. Die letzte Fraktion (0,063 mm) wird ebenfalls gewogen, anschließend jedoch nach Analyse 2 weiterbearbeitet.

Die mit der Siebanalyse ermittelten Bestandteile (Tab. 17) werden in Teil I des Protokollbogens (Tab. 18) eingetragen.

Tabelle 17: Korngröße und Fraktionen (nach FIEDLER 1973)

Korngröße			Fraktion
	5	mm	Kies
5	– 2	mm	Feinkies
2	– 1	mm	Grobsand I
1	– 0,63	mm	Grobsand II
0,63	– 0,2	mm	Mittelsand
0,2	– 0,063	mm	Feinsand
	0,063	mm	Schluff und Ton

Der Feinanteil der Siebung wird mit der Schlämmanalyse nach ATTERBERG bestimmt. Das Verfahren beruht auf der Eigenschaft der Körper, bei unterschiedlichem Gewicht und unterschiedlicher Größe (Umfang) in Wasser mit unterschiedlicher Geschwindigkeit zu sinken.

Die abgewogene Feinerde (< 0,063 mm) wird mit 50 ml Natriumpyrophosphatlösung (0,4 n) im Erlenmeyerkolben ca. 2 Std unter häufigem Schütteln dispergiert und dann quantitativ in einen Atterbergzylinder überführt. Der Zylinder wird dann mit dest. Wasser auf 10 cm Wasserhöhe aufgefüllt. Verschließen des Zylinders mit dem Stopfen und horizontal in die Hand nehmen, so daß der Ablauf <u>oben</u> ist (kann so nicht verstopfen) und gut schütteln. Dann vorsichtig senkrecht hinstellen und exakt nach den Zeiten der Tab. 19 die Bodenteilchen sedimentieren lassen.
Nach der Sedimentationszeit wird der Hahn geöffnet und die überstehende Wassersäule mit den kleinen Partikeln in ein Becherglas abgehebert, in den nächsten Zylinder gefüllt, geschüttelt und wieder abgehebert (je nach Fraktion längere Zeiten).

Die im Zylinder verbliebenen Sedimente werden mit dest. Wasser quantitativ in Abdampfschalen (Porzellanschalen) überführt und bei 105°C im Trockenschrank getrocknet. Anschließend werden sie gewogen und ihr Gewicht im unteren Teil des Protokollbogens notiert (in Gramm und Prozent).
Auf diese Weise erhält man das Korngrößenspektrum der im Boden enthaltenen Partikel. In der Graphik unten im Protokoll werden die Prozentangaben der Fraktionen abgetragen und ergeben ein Schaubild über die Korngrößenzusammensetzung für den Boden.

Tabelle 19: Sedimentationszeittabelle nach ATTERBERG für verschiedene Bodenfraktionen

Fraktion Höhe (cm)	Feinsand 0,2-0,063mm Zeit (sec.)	Mehlsand 0,063-0,02mm Zeit min,sec	gr. Schluff 0,002-0,006 Zeit min,sec	f. Schluff 0,006-0,002 Std,min,sec	Ton <0,002 mm Std,min,sec
8 cm	4,0"	40"	3'33"	49'00"	
10 cm	5,0"	50"	4'27"	1.00'00"	7.35'00"
11 cm	5,5"	55"	4'53"	1.05'28"	8.20'30"
12 cm	6,0"	1'00"	5'20"	1.11'25"	9.06'00"
13 cm	6,5"	1'05"	5'46"	1.17'22"	9.51'30"
14 cm	7,0"	1'10"	6'13"	1.23'20"	10.37'00"
15 cm	7,5"	1'15"	6'40"	1.29'17"	11.22'30"
16 cm	8,0"	1'20"	7'06"	1.35'14"	12.08'00"
17 cm	8,5"	1'25"	7'33"	1.41'11"	12.53'30"
18 cm	9,0"	1'30"	8'00"	1.47'08"	13.39'00"
19 cm	9,5"	1'35"	8'26"	1.53'05"	14.24'30"
20 cm	10,0"	1'40"	8'53"	1.59'02"	15.10'00"
21 cm	10,5"	1'45"	9'20"	2.05'00"	15.55'30"
22 cm	11,0"	1'50"	9'46"	2.10'57"	16.41'00"
23 cm	11,5"	1'55"	10'13"	2.16'54"	17.26'30"
24 cm	12,0"	2'00"	10'40"	2.22'51"	18.12'00"
25 cm	12,5"	2'05"	11'06"	2.28'48"	18.57'30"
26 cm	13,0"	2'10"	11'33"	2.34'45"	19.43'00"
27 cm	13,5"	2'15"	12'00"	2.40'42"	20.28'30"
28 cm	14,0"	2'20"	12'26"	2.46'40"	21.14'00"
29 cm	14,5"	2'25"	12'53"	2.52'37"	21.59'30"
30 cm	15,0"	2'30"	13'20"	2.58'34"	22.45'00"

Tabelle 18: Protokoll für die Bestimmung der Bodenart

Datum: ..... Ort: ..... Entnahmetiefe: ..... m
Probemenge: ..... Bodentyp: .....
Wert: ..... Horizontmächtigkeit: A = m
B = m

Bemerkungen:
Korngrößenanalyse:
Verfahren: Siebung

Einwaage: g	Beschaffenheit:		
Fraktion (mm)	Gramm		%
Skelett >5		Stein	
5 - 2		Grus	
Sand 2 - 1		Grobsand	
1 - 0,63		Grobsand	
0,63 - 0,2		Mittelsand	
0,2 - 0,063		Feinsand	
Abschlämmbares <0,063		Schluff + Ton (s.u.)	
Bodenskelett: %	Sand: %	Schluff + Ton: %	

Bodenart:

Verfahren: Schlämmanalyse	Einwaage: g		
Fraktion:	Gramm	%	
0,063 mm			
0,063 - 0,02	Grobschluff		
0,02 - 0,0063	Mittelschluff		
0,0063 - 0,002	Feinschluff		
< 0,002	Ton		

G.-Schluff: %	M.-Schluff: %	F.-Schluff %	Ton %

Bodenart:

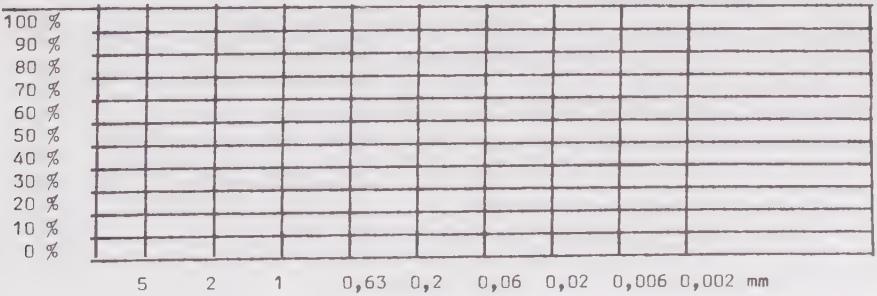
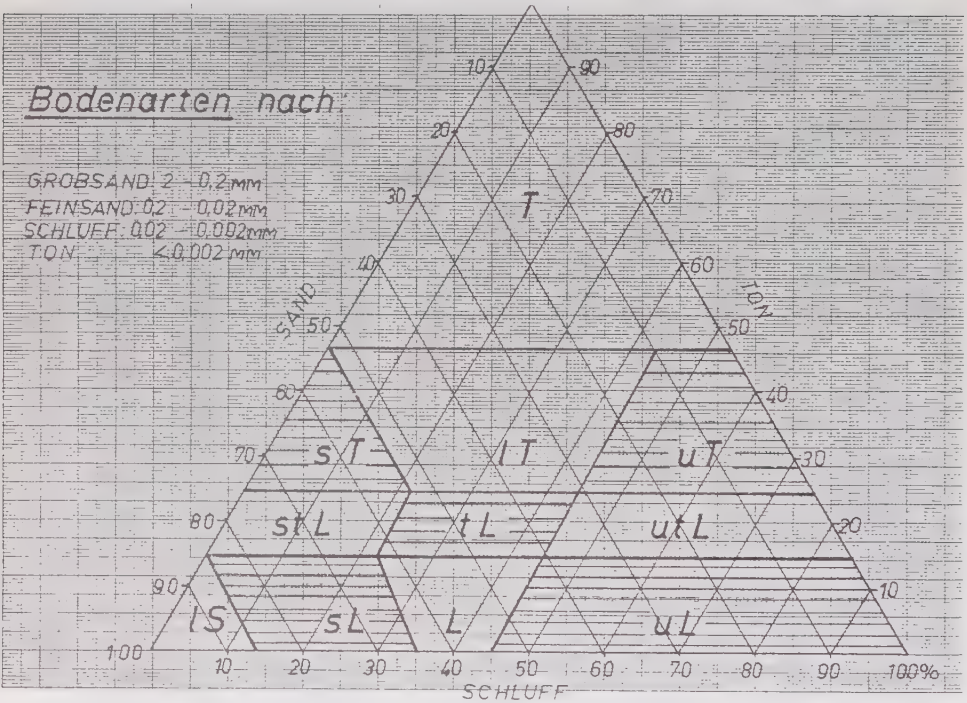


Abb. 18: Bodendreieck zur Bodenart-Bestimmung (nach STEUBING 1965)



Verkürzte Form der Analyse:

Da die komplette Analyse nach ATTERBERG sehr zeitaufwendig ist, kann sie wie folgt verkürzt werden:

Eine lufttrockene Bodenprobe wird wie beschrieben gesiebt. Der Feinanteil < 0,063 wird in Natriumpyrophosphatlösung 0,4 n dispergiert, in einen Atterbergzylinder gefüllt und mit Wasser auf 10 cm Wasserhöhe aufgefüllt; anschließend schütteln.

Beim Sedimentationsvorgang werden nun nur die Fraktionen Feinsand (nach 5 sec.), Mehlsand (nach 50 sec.) und Schluff (nach 1 Std.) abgehebert, getrocknet und bestimmt. Der Tonanteil wird rechnerisch ermittelt (Einwaage = 100 % abzüglich % Feinsand, % Mehlsand und % Schluff = % Ton).

Mit zwei Fraktionswerten (Sand und Schluff) läßt sich nach dem Bodenarten-dreieck (Abb. 18) die Bodenart ermitteln:

Hat man z.B. 20 % Sand und 20 % Schluff, so sucht man auf der "Sandseite" des Bodendreiecks den Wert 20 und auf der "Schluffseite" den Wert 20 – der Schnittpunkt beider Linien zeigt die Bodenart (im Beispiel: Ton mit 60 % Tonanteil).

Der Gebrauch des Dreiecks ist mit einiger Übung sehr einfach. Der Gebrauch des Dreiecks in Verbindung mit der Feldmethode ist allerdings schlecht möglich, da das Verfahren selbst ziemlich ungenau ist; trotzdem liefert es für orientierende Untersuchungen brauchbare Ergebnisse, wenn wie folgt modifiziert wird :

nach 4 sec die Feinsandschicht messen und als % berechnen
nach 40 sec die Mehlsandschicht messen und als % berechnen
nach 49 min die Schluffschicht messen und als % berechnen
der Rest ist Ton und wird als % berechnet.

Von der abgelesenen Sedimentationshöhe werden die % – Werte berechnet (als Anhaltspunkte) und bei Sand und Schluff die Bodenart nach dem Bodendreieck bestimmt.

Weitere Verfahren zur Bodenartsbestimmung sind bei STEUBING (1965) beschrieben (Pipettenverfahren nach KÖHN und Aräometermethode nach CASAGRANDE; beide Methoden erfordern aber zusätzliche Spezialinstrumente).

2.2.5.3.) Bestimmung des Humusgehaltes des Bodens

Der Humusgehalt des Bodens entspricht dem Gehalt an organischer Substanz und somit dem Gehalt an Kohlenstoff (schwarze Farbe). Über die Bestimmung des Kohlenstoffs erhält man also ein quantitatives Maß für den Humusgehalt – wenngleich auch einige andere Bestandteile bei der Analyse miterfaßt werden.

Für die Bestimmung des Kohlenstoffs wird eine abgewogene Menge (20 g) trockenen Bodens in einem Porzellantiegel im Muffelofen oder einem Tondreieck über dem Bunsenbrenner geglüht. Der Kohlenstoff wird beim Glühen verwandelt (CO_2) und flüchtig, so daß aus der Gewichtsdifferenz vor und nach dem Glühen der Kohlenstoffgehalt (=Humus) ermittelt wird.

Der Glühprozeß wird beendet, wenn der Boden seine graue oder schwarze Farbe verloren hat. Dann wird der Tiegel in den Exsikkator gestellt und abgekühlt. Anschließend wiegen.

$$\text{Berechnung:} \quad \frac{x \text{ g Trockengewicht nach Glühen} \cdot 100}{y \text{ g Trockeneinwaage}} = \% \text{ Glühverlust (C)}$$

Ein genaueres, aber auch wesentlich komplizierteres Verfahren zur Kohlenstoffbestimmung stellt das titrimetrische Verfahren nach SPRINGER und KLEE (sog. "nasse Verbrennung") dar – näheres dazu bei STEUBING (1965).

2.2.5.4.) Bestimmung des Wassergehaltes

Zur Bestimmung des Wassergehaltes einer Bodenprobe wird eine eingewogene Menge (20 g) im Trockenschrank bei 105 °C bis zur Gewichtskonstanz getrocknet. Die Temperatur von 105 °C soll nicht überschritten werden, da ansonsten Kristallwasser aus den Bodenmineralien flüchtig wird und die Analyse verfälscht.
Die Differenz von Einwaage und Gewicht der Probe nach der Trocknung entspricht dem Gehalt an Wasser.

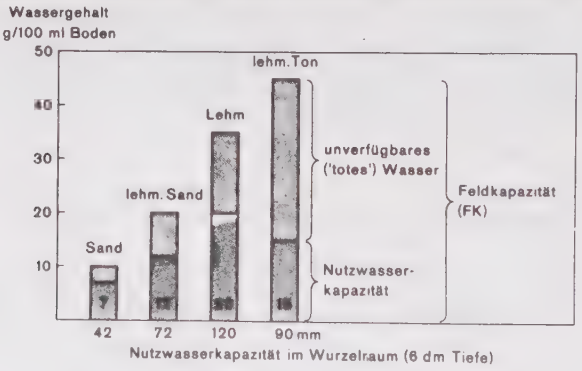
2.2.5.5.) Bestimmung des Wasserhaltevermögens

Man füllt mehrere Glasrohre (30 mm ∅), die unten mit einem durchbohrten Stopfen und Glasrohr verschlossen sind, zu 2/3 mit Böden verschiedener Herkunft (evtl. Proben verschiedener Horizonte) und stellt diese Rohre in ein Gestell; unter die Rohre werden dann kleine Bechergläser (50 oder 100 ml) gestellt. Nun werden alle Proben mit einer abgemessenen Menge Wasser (100 ml) übergossen.

Gemessen wird a) die Zeit, bis das erste Wasser das Rohr durchlaufen hat
b) die Gesamtwassermenge, die der Boden wieder abgibt (evtl. erst nach mehreren Tagen).

Der Wert a) gibt Auskunft über die Wasserdurchlässigkeit des Bodens; diese ist bei Sand und Humus groß, bei Lehm und Ton gering.
Der Wert b) gibt Auskunft über das Wasserhaltevermögen (Abb. 18) des Bodens; dieses ist bei Humus und Ton groß, bei Sand hingegen gering.

Abb. 18: Wasserhaltevermögen verschiedener Bodenarten (aus FINCK 1976)



2.2.5.6.) Bestimmung des Porenvolumens und der Kapillarkraft

Unter dem Porenvolumen versteht man die Hohlräume im lufttrockenen Boden. Die Kapillarkraft des Bodens ist eng mit dem Porenvolumen verknüpft und gibt Auskunft über die Wasserversorgung (Wasserzügigkeit) im Boden.

Bestimmung des Porenvolumens:
eine abgemessene Menge lufttrockenen Bodens wird in eine Versuchsröhre (30 mm Durchmesser) gefüllt, die unten mit einem durchbohrten Stopfen und Glasröhrchen verschlossen ist (auf dem Stopfen liegt eine Watteauflage). Am besten macht man eine Versuchsreihe verschiedener Böden oder Proben der verschiedenen Horizonte.

Nun wird ein mit Wasser gefüllter Kolbenprober (100 ml) oder eine Kunststoffspritze (100 ml) mit einem Schlauch an das Röhrchen angeschlossen. Mit dem Kolbenprober läßt man nun von unten langsam Wasser in den Boden eindringen. Sobald das Wasser den untersten Boden berührt, wird der Wasserstand am Prober notiert. Dann läßt man weiter Wasser einfließen und drückt dabei langsam die Bodenporenluft vor sich her nach oben. Erreicht der Wasserspiegel die Bodenoberfläche, wird der 2. Wert am Prober abgelesen. Die Differenz zwischen beiden Ablesungen entspricht dem Porenvolumen des lufttrockenen Bodens.

Nach dem Ablösen des Kolbenproberschlauches stellt man ein kleines Becherglas (50 ml oder 100 ml) unter das Proberohr und fängt das überschüssige abfließende Wasser auf. Diese Wassermenge in ccm entspricht dann dem Luftvolumen (Luftkapazität) des wassergesättigten Bodens (wichtig für Bodenleben).

Bestimmung der Kapillarkraft:
Man füllt mehrere Proberohre bis oben hin mit zerbröckelten, lufttrockenen Bodenproben (verschiedene Böden oder Proben verschiedener Horizonte) und verschließt die Rohre unten mit einem einfach durchbohrten Stopfen.

Man stellt die Proberohre dann in Bechergläser mit gefärbtem Wasser($KMnO_4$), wartet ab, wie hoch das Wasser steigt und mißt die Zeit.

In grobkörnigen Böden steigt das Wasser in kurzer Zeit (wenige Minuten) relativ niedrig, während es in feinen Böden in langer Zeit (u.U. mehrere Tage) relativ hoch steigt (bis 80 cm und höher).

Zu notieren sind Wasserhöhe und Zeit.

2.2.5.7 Bestimmung des Kalkgehaltes

Prinzip: Volumetrische Messung des Kalkgehaltes durch die Reaktion:

$$CaCO_3 + 2\ HCl \longrightarrow CaCl_2 + CO_2\uparrow + H_2O$$

Durchführung: 10 g kalkhaltiger* Boden (bei stark kalkhaltigem Boden weniger) werden in den Unterdruckkolben (Abb. 20) einge-

*) durch die Vorprobe festgestellt

füllt und ein Tablettenröhrchen mit HCl 10 % wird per Faden hineingestellt; Verschlußstopfen daraufsetzen und den Hahn des Kolbenprobers öffnen.

Nun das Gefäß (Kolben) kippen, so daß das Säureröhrchen umfällt und die HCl sich mit dem Boden mischt. Nach vollendeter Reaktion wird der Kolbenproberstand abgelesen (ccm). Ebenfalls messen: Temperatur und Barometerstand.

Berechnung des Kalkgehaltes:

Die Berechnung ist abhängig von Luftdruck und Temperatur.

Berechnung hier bezogen auf 20°C und 760 Torr:

x ml CO_2 x 1.878* x 2.273** x 10 = % $CaCO_3$/100 g Boden

Tabelle 20: Tabelle zur Ermittlung der Temperatur-Druck-Konstante

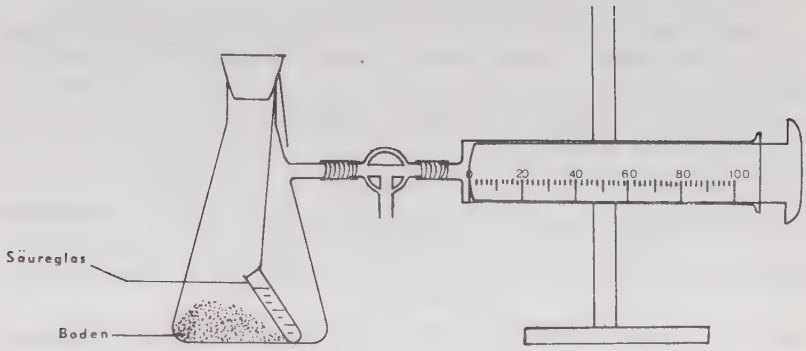
Barometerstand / Temperatur (°C)	742	744,5	747	749	751	753,5	756	758	760	762,5	765	767	769	771	774
10	1,892	1,899	1,906	1,913	1,920	1,926	1,933	1,939	1,944	1,949	1,954	1,959	1,964	1,969	1,974
11	1,885	1,892	1,899	1,906	1,913	1,919	1,926	1,932	1,937	1,942	1,947	1,952	1,957	1,962	1,967
12	1,878	1,885	1,892	1,899	1,906	1,912	1,919	1,925	1,930	1,935	1,940	1,945	1,950	1,955	1,960
13	1,872	1,878	1,885	1,892	1,899	1,906	1,913	1,919	1,924	1,929	1,934	1,939	1,944	1,949	1,954
14	1,865	1,872	1,878	1,885	1,892	1,899	1,906	1,912	1,917	1,922	1,927	1,932	1,937	1,942	1,947
15	1,859	1,866	1,872	1,879	1,886	1,892	1,899	1,905	1,910	1,915	1,920	1,925	1,930	1,935	1,940
16	1,853	1,860	1,866	1,873	1,879	1,886	1,892	1,898	1,903	1,908	1,913	1,918	1,923	1,928	1,933
17	1,846	1,853	1,860	1,866	1,873	1,879	1,886	1,892	1,897	1,902	1,907	1,912	1,917	1,922	1,927
18	1,840	1,846	1,853	1,859	1,866	1,872	1,879	1,885	1,890	1,895	1,900	1,905	1,910	1,915	1,920
19	1,834	1,840	1,847	1,853	1,860	1,866	1,873	1,879	1,884	1,889	1,894	1,899	1,904	1,909	1,914
20	1,828	1,834	1,841	1,847	1,854	1,860	1,867	1,873	1,878	1,883	1,888	1,893	1,898	1,903	1,908
21	1,822	1,828	1,835	1,841	1,848	1,854	1,861	1,867	1,872	1,877	1,882	1,887	1,892	1,897	1,902
22	1,815	1,821	1,828	1,834	1,841	1,847	1,854	1,860	1,865	1,870	1,875	1,880	1,885	1,890	1,895
23	1,809	1,815	1,822	1,828	1,835	1,841	1,848	1,854	1,859	1,864	1,868	1,873	1,878	1,883	1,888
24	1,803	1,809	1,816	1,822	1,829	1,835	1,842	1,848	1,853	1,858	1,862	1,867	1,872	1,877	1,882
25	1,797	1,803	1,810	1,816	1,823	1,829	1,836	1,842	1,847	1,852	1,856	1,861	1,866	1,871	1,876
26	1,791	1,797	1,803	1,809	1,816	1,822	1,829	1,835	1,840	1,845	1,849	1,854	1,859	1,864	1,869
27	1,784	1,790	1,797	1,803	1,810	1,816	1,823	1,829	1,834	1,839	1,843	1,848	1,853	1,858	1,863
28	1,778	1,784	1,791	1,797	1,804	1,810	1,817	1,823	1,828	1,833	1,837	1,842	1,847	1,852	1,856

*) 1.878 = Konstante: 1 ml CO_2 = 1.878 mg bei 20°C und 760 Torr

**) 2.273 = Konstante: $CaCO_3$ besteht zu 44 % aus CO_2

100 : 44 = 2.273

Abb. 19: Einfacher Kippapparat zur Kalkbestimmung



2.2.5.8.) Quantitative chemische Untersuchungen des Bodens

Um die pflanzenverfügbaren Nährstoffe im Boden bestimmen zu können, wird zunächst ein Extrakt hergestellt, in dem die Nährstoffionen gelöst sind und ihre Bestimmung dann in Form von "Naßnachweisen" durchgeführt werden; das bedeutet, daß die angegebenen Meßverfahren so wie beschrieben auch für die Untersuchung von Wasserproben angewendet werden, indem man statt des Bodenextraktes die Wasserprobe nimmt.

2.2.5.8.1.) Bodenextraktion

Um die wirklichen Verhältnisse im Boden beurteilen zu können, wird der Bodenextrakt nicht nur mit destilliertem Wasser hergestellt, sondern mit einer schwachen Säure versetzt, da Pflanzenwurzeln ebenfalls Säuren absondern, die Mineralien von Bodenkolloiden/Bodenteilchen ablösen und so zugänglich machen.

Häufig wird der Lactatextrakt des Bodens benutzt (STEUBING 1965) :

75 g Ca-Lactat p.A. werden im 1l-Maßkolben in 750 ml dest. Wasser und 50 ml 5 n HCl unter Erwärmung und Rühren gelöst.
Nach dem Abkühlen wird mit dest. Wasser bis zur Marke (1000 ml) aufgefüllt und zum Schutz gegen Mikroorganismen mit einigen ml Chloroform versetzt. Diese Lösung wird in braunen Flaschen aufbewahrt und gilt als STAMMLÖSUNG (reicht für etwa 100 Bestimmungen).

Die GEBRAUCHSLÖSUNG wird bei Bedarf angesetzt :

1 T STAMMLÖSUNG + 24 T Aqua dest.

BRUCKER/KALUSCHE (1976) nennen ein anderes Extraktionsmittel : die Natriumformiatlösung.

34 g Na-Formiat werden in wenig Aqua dest. gelöst und mit 50 ml einer 10 n Ameisensäure (= 19 ml wasserfreier Ameisensäure) versetzt; das ganze wird im 1l-Maßkolben mit dest. Wasser auf 1000 ml aufgefüllt = STAMMLÖSUNG.

GEBRAUCHSLÖSUNG : 1 T STAMMLÖSUNG + 9 T Aqua dest.

Sollen leicht lösliche Salze (z.B. NaCl) bestimmt werden, reicht ein Extrakt mit destilliertem Wasser.

Für die Calciumbestimmung darf der Lactatextrakt nicht genommen werden; in in diesem Falle wird mit 10 %iger Essigsäure bzw. 10 %iger HCl extrahiert, da im Lactatextrakt bereits Ca-Ionen enthalten sind.

Tabelle 21: Übersicht über geeignete Extraktionsmittel für verschiedene Nachweise

Nachweis / Extraktionsmittel	NaCl	Ca^{++},K^{+},Na^{+}	PO_4	NO_3^-	NO_2^-	NH_3	Boden:Extr.-mittel
Ca-lactat-Extrakt			X	X	X	X	1 : 50
Na-formiat			X	X	X	X	1 : 10 1 : 20
Aqua dest.	X						1 : 15
Essigsäure/HCl		X					1 : 2 1 : 4

Zur Extraktion werden entsprechend der Tab. 21 Boden und Extraktionsmittel in Erlenmeyerkolben eingewogen und ca. 2 Std. auf der Schüttelmaschine (oder manuell öfter schütteln) gemischt. Anschließend wird filtriert (über Falten-, Rundfilter, Kohle oder Watte) bzw. bei tonreichen Böden zentrifugiert, so daß man ein möglichst klares Filtrat erhält.

Das Filtrat selbst stellt den Extrakt für die Bodenuntersuchung dar; die Verhältniszahl des Extraktionsmittels zum eingewogenen Boden gilt gleichzeitig als Umrechnungsfaktor für die Angabe der Ergebnisse in mg/kg Boden (statt mg/l Wasser).

2.2.5.8.2.) Quantitative Bestimmung des NH_4^+-Ions (-Stickstoff)

Prinzip: Kolorimetrische Bestimmung mittels Neßlers Reagenz.
Neßlers Reagenz ergibt bei Anwesenheit von Ammoniumionen eine gelbbraune Farbe, deren Intensität dem Gehalt an Ammoniumionen proportional ist. Durch Farbvergleich einer behandelten Probe mit sogenannten Farbstandards (Farbscheiben und Komparatoren) wird der Gehalt des Bodens an Ammonium ermittelt.

Geräte: Komparator und Farbscheibe NH_4^+ (HELLIGE)
oder: Küvettenkomparator NH_4^{+} (Macherey und Nagel)
oder: Komparator "Aquaquant" Ammonium (MERCK)

Reagenzien: zu den Geräten gehörige Reagenziensätze der Lieferfirmen, da diese auf die Farbstandards abgestimmt sind.

Durchführung: laut beigefügter Gebrauchsanweisung. Da diese Untersuchungssätze alle für Wasseruntersuchungen vorgesehen sind, muß anstelle der Wasserproben der Bodenextrakt eingefüllt und das Ergebnis mit dem Umrechnungsfaktor (S. 46) multipliziert werden. Angabe des Ergebnisses : ppm (mg/kg Boden)

Meßbereiche: HELLIGE : 0,125 - 2,0 mg/kg
VISOCOLOR : 0,2 - 10,0 mg/kg (Macherey u. Nagel)
Aquaquant : 0,05 - 0,8 mg/kg (MERCK)

2.2.5.8.3.) Quantitative Bestimmung des NO_3^--Ions

Prinzip: Kolorimetrische Bestimmung des Nitrations mittels Brucin-Eisessig und konzentrierter Schwefelsäure (VORSICHT- Brucin ist ein starkes GIFT) :
Brucin und Schwefelsäure ergeben bei Anwesenheit von Nitrationen eine ihrem Gehalt proportionale Gelbfärbung.

oder: Kolorimetrische Bestimmung des Nitrations nach vorhergehender Reduktion mittel Cadmiumamalgam zu Nitrit; das entstandene Nitrit wird mittels Sulfanilsäure und Naphthyl-(1)-amin nachgewiesen, was eine dem Nitritgehalt proportionale Rot- bis Rotviolettfärbung ergibt.

Geräte: Komparator und Farbscheibe NO_3^- (HELLIGE)
oder: Komparator VISOCOLOR Nitrat (Macherey u. Nagel)
oder: Komparator AQUAQUANT Nitrit (MERCK)

Reagenzien: nach HELLIGE-Vorschrift: 5 g Brucin p.A. werden in 100 ml Eisessig p.A. gelöst (= Reagenz 1)
Reagenz 2: Schwefelsäure d= 1,84 p.A.

oder fertiger Reagenziensatz VISOCOLOR Nitrat

oder fertiger Reagenziensatz AQUAQUANT Nitrit und folgende Zusatzreagenzien:
Reagenz 1: Eisessig p.A.
Reagenz 2: 100 g Cadmiumpulver werden mit verdünnter Salzsäure gereinigt und mit 100 ml einer 1%igen Lösung von Quecksilber-(II)-chlorid unter starkem Rühren behandelt. Das Amalgam wird anschließend mit dest. Wasser gewaschen. Nach Trocknung wird das pulverige Reagenz der Probe mittels eines Spatels zugesetzt.

Durchführung: laut beigefügter Gebrauchsanweisung.

Die Bestimmung mit AQUAQUANT Nitrit erfolgt so:
20 ml des Bodenextraktes werden mit 10 Tropfen Eisessig p.A. versetzt, geschüttelt und anschließend mit 2 Spateln (im Best.-Satz enthalten) des Cadmiumamalgams versetzt. Nach anschließendem Schütteln läßt man die Probe mindestens 10 min reagieren.

Anschließend wird der vorbereitete Extrakt filtriert (um das unlösliche Cadmium zu extrahieren) und dann wie in der beiliegenden Gebrauchsanleitung weiterbehandelt.

Das Meßergebnis (Nitrit) wird mit 1,35 multipliziert und ergibt dann die Menge des Nitrats in mg/l bzw. mg/kg.

Meßbereiche: Farbscheibe HELLIGE : 2 - 20 mg NO_3^-

Komparator VISOCOLOR : 0,1 - 5,0 mg NO_3^-

2.2.5.8.4.) Quantitative Bestimmung des Nitritions

Prinzip: Nitritionen reagieren mit Sulfanilsäure zu einem Salz (Diazoreaktion), das mit Naphthyl-(1)-amin zu einem roten Farbstoff gekoppelt wird, dessen Intensität dem Nitritgehalt direkt proportional ist.

Geräte : Komparator mit Farbscheibe NO_2^- (HELLIGE)
oder: Komparator AQUAQUANT NO_2^- (MERCK)
oder: Komparator AQUAMERCK NO_2^- (MERCK)
oder: Komparator VISOCOLOR NO_2^- (Macherey u. Nagel)

Reagenzien: fertige Reagenziensätze zu den einzelnen Kolorimetern, die auf die Komparatorfarben abgestimmt sind.

Durchführung: lt. beiliegender Gebrauchsanleitung - anstelle der Wasserprobe den Bodenextrakt einfüllen und Ergebnis mit dem Umrechnungsfaktor multiplizieren.

Meßbereiche: Farbscheibe HELLIGE : 0,2 - 1,8 mg NO_2^-
Komparator AQUAQUANT: 0,003 - 0,05 mg NO_2^-
Komparator AQUAMERCK: 0,025 - 20,0 mg NO_2^-
Komparator VISOCOLOR: 0,05 - 2,0 mg NO_2^-

2.2.5.8.5.) Quantitative Bestimmung des Phosphations

Prinzip: Phosphationen reagieren mit Ammoniummolybdat in saurer Lösung in Gegenwart von Zinn und Natriumchlorid zu einer Blaufärbung, deren Intensität abhängig ist von der Menge der Phosphationen und der zugefügten Ammoniummolybdatlösung - daher exakt abmessen!

Geräte: Komparator mit Farbscheibe PO_4^{3-} (HELLIGE)
oder: Komparator AQUAMERCK "Phosphat" (MERCK)
oder: Komparator VISOCOLOR "Phosphat" (Macherey u. Nagel)

Reagenzien: Zu den einzelnen Komparatoren gibt es komplette Reagenziensätze, die auf die Farben der Kolorimeter abgestimmt sind.

Durchführung: lt. Firmenangaben - anstelle der Wasserprobe den Bodenextrakt einfüllen und Ergebnis mit dem Umrechnungsfaktor multiplizieren.

Meßbereiche: Farbscheibe HELLIGE: 0,25 - 4,0 mg Phosphat
AQUAMERCK : 1 - 10 mg Phosphat
VISOCOLOR : 1 - 15 mg Phosphat

2.2.5.8.6.) Quantitative Eisenbestimmung

Die Eisenbestimmung wird getrennt nach Eisen-(II)- und Eisen-(III)-ionen durchgeführt. Die unten genannten Bestimmungssätze arbeiten alle nach verschiedenen kolorimetrischen Methoden und erfassen teilweise Gesamteisen.

Prinzip: Eine Methode (HELLIGE) beruht auf der Reaktion von Eisen-(III)-ionen mit Kaliumrhodanid zu einem roten Farbstoff, dessen Intensität dem Gehalt an Eisen direkt proportional ist.

Geräte: Komparator mit Farbscheibe Fe-III (HELLIGE)
oder: AQUAQUANT Eisenbestimmung (Gesamteisen) (MERCK)
oder: AQUAMERCK Eisenbestimmung (Gesamteisen) (MERCK)
oder: VISOCOLOR Eisenbestimmung (Gesamteisen) (Macherey u. Nagel)

Reagenzien: fertige Reagenziensätze zu den Bestimmungssätzen.

Durchführung: lt. Gebrauchsanleitung der Bestimmungssätze - anstelle der Wasserprobe den Bodenextrakt verwenden und das Ergebnis mit dem Umrechnungsfaktor multiplizieren.

Meßbereiche: Komparator HELLIGE: 1,0 - 5,0 mg Eisen
AQUAQUANT: 0,01 - 0,2 mg Eisen
AQUAQUANT: 0,25 - 15,0 mg Eisen
AQUAMERCK: 0,1 - 50,0 mg Eisen
VISOCOLOR: 0,1 - 50,0 mg Eisen

2.2.5.8.7.) Quantitative Calciumbestimmung

Prinzip: Komplexometrische Titration mit Titriplex-III-Lösung und Calconcarbonsäure als Indikator bis zum Farbumschlag von rot-violett nach blau-violett (MERCK-Werksbroschüre).

Geräte: AQUAMERCK Calciumbestimmung (Titrimetrisches Testbesteck)
MERCKOQUANT Calciumtest (Indikatorstäbchen)

Reagenzien: sind im Bestimmungssatz enthalten (AQUAMERCK-Satz)
1 n Natronlauge und Perhydrit-Tabletten (MERCKOQUANT-Test)

Durchführung: lt. Gebrauchsanleitung - anstatt der Wasserprobe ist der Bodenextrakt zu verwenden und das Ergebnis mit dem Umrechnungsfaktor zu multiplizieren. Hier darf jedoch nicht der Calciumlactatextrakt verwendet werden, da in diesem bereits Calcium enthalten ist, das den Nachweis stört.

Genauigkeit: AQUAMERCK: Abstufung der Titriereinrichtung 2 mg/l
MERCKOQUANT: 0 / 25 / 50 / 100 / 250 ppm

2.2.5.8.8.) Quantitative Kaliumbestimmung

Prinzip (nach DEV 1971 ff): Maßanalytische Bestimmung mit Natriumtetraphenylborat: Kaliumionen bilden mit Tetraphenylborationen einen in Wasser schwer löslichen Niederschlag. Das ausgefällte K-Tetraphenylborat wird in Aceton gelöst und mit Quecksilber-(II)-chlorid versetzt, wobei sich Phenylquecksilberchlorid und Salzsäure bilden. Die Menge der entstandenen HCl wird durch Titration mit NaOH gegen Methylrot als Indikator ermittelt. Der Zusatz von Kaliumjodid bei der Titration bindet überschüssiges Quecksilberchlorid.

Geräte: Porzellanfiltertiegel (A_2) mit Saugflasche 200 ml
Büretten (50 ml Inhalt)
Meßpipetten 10 ml
Vollpipette 50 ml

Reagenzien: Salzsäure p.A. d = 1,19
Reagenzlösung: 1,2 g Natriumtetraphenylborat p.A. werden in 100 ml Aqua dest. gelöst. Nach Zusatz von 0,5 g Aluminiumoxid (reinst) wird die Suspension intensiv geschüttelt und nach 5 min. durch hartes Faltenfilter filtriert.
Waschflüssigkeit: 100 ml Reagenzlösung + 900 ml Aqua dest.
Aceton p.A.
HCl 0,1 n (Titrisol-Ampulle)
NaOH 0,1 n (Titrisol-Ampulle)
$HgCl_2$-Lösung: 6 g $HgCl_2$ p.A. in 100 ml Aqua dest. lösen – Gift
KJ-Lösung 10 %: 10 g KJ in 100 ml Aqua dest.
Methylrot-Lösung: 600 mg Methylrot (Na-Salz) + 100 ml Aqua dest.

Durchführung: 50 ml Bodenextrakt werden mit 0,5 ml HCl (d = 1,19) versetzt. Unter Rühren mit einem Glasstab gibt man langsam 10 ml Reagenzlösung hinzu. Den entstandenen Niederschlag filtriert man nach 5 min. durch einen Porzellanfiltertiegel ab. Man wäscht (das Filtrat) 2 – 3 mal mit 3 ml Waschflüssigkeit und filtriert. Zum Schluß wäscht man nochmals mit 2 ml Aqua dest. aus. Das klare Filtrat wird verworfen, das Sauggefäß gut ausgespült und mit 5 ml $HgCl_2$-Lösung beschickt. Nach Aufsetzen des Tiegels wird der Niederschlag mit 5 ml Aceton gelöst. Die klare Lösung wird abgesaugt. Die K-Tetraphenylboratlösung in Aceton reagiert sofort mit dem Quecksilberchlorid unter Bildung von dichten Phenyl-Quecksilberchlorid-Flocken (Ausfällung). Man wäscht den Tiegel 2 – 3 mal mit 3 – 5 ml Aceton nach (quantitativ spülen). Anschließend 2 x 10 ml Aqua dest. (Spülen) durchsaugen. Den trüben Inhalt der Saugflasche überführt man in ein Reaktionsgefäß (Erlenmeyerkolben) und spült gut nach, damit alle Rückstände aus der Saugflasche entfernt werden. Aus einer Bürette gibt man nun 10 ml 0,1 n NaOH in die Lösung und erhitzt bis zum Sieden. Dann gibt man ohne weiteres Erhitzen 5 ml KJ-Lösung hinzu. Nach Zusatz einiger Tropfen Methyl-Indikator wird mit 0,1 n HCl bis zur Rosafärbung titriert. Durch erneute Zugabe von einigen Tropfen KJ-Lösung überzeugt man sich, daß ihre Konzentration ausreicht; (wenn nicht: Farbumschlag Rosa → Gelb). Dann muß nochmals mit 0,1 n HCl auf Rosafärbung titriert werden, die bei weiterer KJ-Zugabe beständig sein muß. Dann versetzt man die Lösung mit 2 ml HCl (0,1 n) im Überschuß und erhitzt. Dann wird die Lösung mit 0,1 n NaOH bis zum Farbumschlag nach rein gelb titriert.

Der Gehalt an K-Ionen ergibt sich nach der Formel:

$$\frac{(a-b) \times 1{,}3033 \times 1000}{c} = \text{mg } K^+\text{-Ionen/l}$$

a = Volumen der insgesamt verbrauchten 0,1 n NaOH in ml
b = Volumen der insgesamt verbrauchten 0,1 n HCl in ml
c = Volumen der Bodenlösung in ml

Die Methode ist durch die Verwendung des Giftes $HgCl_2$ (Sublimat) nicht ungefährlich und dazu noch aufwendig.

Eine einfachere, aber ungenaue Methode ist der Teststreifen MERCKOQUANT K^+-Test: 0/300/700/1000/2000 ppm (zu weite Meßbereiche)

Reagenzien: 0,1 n Salpetersäure

Gravimetrische Bestimmung mit K-Tetraphenylborat:

Den Filtertiegel trocknen, wiegen - filtrieren - trocknen - wiegen

Errechnung: x = gesuchte Menge K^+
y = mg Niederschlag

$$\frac{x}{y} = \frac{\text{mol-Gewicht K}}{\text{mol-Gewicht K} \times \text{B } (C_6H_5)_4}$$

$$x = 0{,}109 \cdot y \text{ (mg/....)}$$

2.2.5.8.9 Die quantitative Cl^--Bestimmung

a) Titrimetrische Bestimmung nach MOHR (aus STEUBING)

Prinzip: In Lösung vorhandene Halogene lassen sich durch Silbernitrat ausfällen. Als Indikator zugesetztes Kaliumchromat bildet nach vollständiger Ausfällung des Chlorids mit überschüssigen Silberionen Silberchromat mit charakteristischer rot-brauner Farbe. Die rot-braune Färbung zeigt das Ende der Titration an.

Geräte: Erlenmeyer-Kolben
Meßpipetten
Bürette mit Stativ

Reagenzien: $AgNO_3$-Lösung 0,1 n (Titrisol)
0,1 n NaCl-Lösung (5,846 g NaCl in 1000 ml Aqua dest. lösen)
5 % K_2CrO_4-Lösung (5 g K_2CrO_4 in 100 ml Aqua dest. lösen)

Durchführung: 20 ml Bodenextrakt (wässrig) werden mit 1 ml Kaliumchromatlösung versetzt und mit 0,1 n $AgNO_3$-Lösung bis zum Farbumschlag von gelb nach rotbraun titriert.

Auswertung: 1 ml 0,1 n $AgNO_3$ ≙ 3,546 mg Cl^- oder 5,8 mg NaCl

Formel: 50 x 3,546 x X x T = mg Cl^-/l Bodenextrakt

X = ml 0,1 n $AgNO_3$-Lösung
T = Titer der $AgNO_3$-Lösung (s. unten)

Einstellen der Titrierlösung: Da sich Silbernitratlösung bei Lichteinwirkung zersetzt (Silber fällt aus), muß eine mehrere Tage alte Lösung überprüft werden. Dazu werden 10 ml 0,1 n NaCl-Lösung mit 1 ml Kaliumchromatlösung versetzt und mit 0,1 n Silbernitratlösung titriert.

Aus dem Verbrauch der Silbernitratlösung läßt sich der T I T E R (Konzentration) der Lösung berechnen:

$$\frac{\text{Soll-Verbrauch 0,1 n } AgNO_3\text{-Lösung (10 ml)}}{\text{Ist-Verbrauch 0,1 n } AgNO_3\text{-Lösung (x ml)}} = \text{Titer}$$

Der Titer wird als Korrekturfaktor für die Titrierlösung als T in die Formel einbezogen.

b) Weitere Bestimmungsmöglichkeiten

Geräte: AQUAMERCK Chloridbestimmung (kompl. Testbesteck)
AQUAQUANT Cl^--Bestimmung (kompl. Testbesteck)

Reagenzien: sind in den Testsätzen enthalten

Methoden: AQUAMERCK-Bestimmung: Titrimetrische Bestimmung mit graduierter Titriereinrichtung - Abstufung: 2 mg/l Cl^-
AQUAQUANT-Bestimmung: Kolorimetrische Bestimmung des Chlorids mit Eisen-^{III}-Thiocyanat

Durchführung: nach Gebrauchsanleitung der Testbestecke

Meßbereiche: AQUAMERCK: Direkt-Ablesung in mg/l-Abstufung: 2 mg/l
AQUAQUANT: 0/5/10/20/30/50/100/200/350/500 ppm

2.3.) Klimatologische Untersuchungen

Standorte werden vom Klima permanent beeinflußt und z.T. auch geschaffen. Aus diesem Grunde sollten bei Standortuntersuchungen neben den Bodenuntersuchungen auch einige wichtige klimatologische Untersuchungen durchgeführt werden. Die wichtigsten klimatologischen Faktoren sind:

A) Wärme
   a) Strahlungsmessungen
   b) Temperaturmessungen

B) Licht
   a) Lichtmessungen

C) Wasserhaushalt
   a) Regen- (Niederschlags-) Messungen
   b) Luftfeuchtigkeitsmessungen
   c) Evaporationsmessungen

D) Wind
   a) Windgeschwindigkeitsmessungen
   b) Windwegmessungen

2.3.1.1.) Strahlungsmessungen

Die Stoffwechselvorgänge der Lebewesen sind stark wärmeabhängig. So werden Vegetationszonen auf der Erdoberfläche durch die Temperaturverhältnisse bestimmt. Die Wärme wird von der Sonne (Himmel, Atmosphäre) auf die Erde (Boden, Pflanzen und Tiere) gestrahlt. Boden und Lebewesen strahlen ihrerseits wiederum Wärme ab. Die Erfassung der Wärmestrahlung ist schwierig, da sich die Wellenlängen bemerkbar machen, die bei Sonnenstrahlung kurzwellig sind, die reflektierte Strahlung ist langwellig. Entscheidend für einen Standort ist seine Stranlungsbilanz, d.h. die Differenz zwischen ankommender und reflektierter Strahlung. Für die Stranlungsmessung stehen verschiedene Kalorimeter zur Verfügung, deren Meßeinrichtungen auf alle Wellenlängen ansprechen. Der finanzielle Aufwand für solche Meßgeräte ist jedoch sehr hoch, so daß man in den meisten Fällen die kalorische Strahlungsmessung indirekt ermitteln muß.

Die Maßeinheit der kalorischen Messung ist cal/cm^2 min (seit 1979: Joule/cm^2 min). Zur indirekten Strahlungsmessung benutzt man ein Luxmeter (s. Lichtmessung), wobei die ermittelten Luxwerte nach LARCHER (1976, S.13) durch folgende Näherungswerte in Strahlungsenergie umgerechnet werden :

Strahlungsmenge: 1 cal/ cm^2 min = 60 kLx (60000 Lux)

4,18 J/ cm^2 min = 60 kLx

Lichtmenge : 1 kLx = 10,5 W/ m^2 = 0,015 cal/ m^2 min

1 kLx = 10,5 J/ m^2 sec

Eine einfache, wenn auch zu eichende Apparatur zur Stranlungsmessung kann man sich selbst herstellen (s.Anhang). Sollten genauere werte benötigt werden, empfiehlt sich der Selbstbau, ansonsten reicht die Verarbeitung der Lichtmessungsergebnisse.

2.3.1.2.) Temperaturmessungen

Die Messung der Temperatur (=Energieniveau der Luftmoleküle) gehört zu den wichtigsten klimatologischen Messungen, da das Leben der Pflanzen und Tiere stark vom Wärmezustand des Standortes abhängig ist. Um Aussagen über den Wärmezustand des Standortes machen zu können, müssen folgende Temperaturen beachtet werden :
Lufttemperatur (Sonnentemperatur), Bodentemperatur (Oberfläche), Bodentemperatur in tieferen Schichten und die Oberflächentemperatur der Pflanze.

2.3.1.2.1.) Lufttemperaturmessung

Das Meßinstrument selbst wird bei der Ermittlung des Wärmezustandes stark von der Strahlung beeinflußt (STEUBING, 1965). Für die Messung der Lufttemperatur muß daher versucht werden, den Strahlungseinfluß möglichst klein zu halten. Dies kann man tun, indem man ein Schleuderthermometer benutzt, das am Standort vor der Ablesung intensiv durch Schleuderbewegungen mit der umgebenden Luft in Kontakt gebracht wird. Ein Schleuderthermometer (Abb. 20) kann ein an einer Schnur befestigtes normales Thermometer sein oder ein an einer drehbaren Fassung befestigtes Thermometer. Einwandfreie Messungen erzielt man allerdings mit dem Psychrometer nach ASSMANN (Abb. 21), bei dem zwei Thermometer in strahlengeschützten Gehäusen befestigt sind, über denen sich ein Ventilator befindet, der die zu messende Luft mit bestimmter Geschwindigkeit an beiden Thermometern vorbeisaugt.

Abb. 20: Schleuderthermometer (aus STEUBING 1965)

Abb. 21: ASSMANN-Psychrometer (aus STEUBING 1965)

Gebrauch des Schleuderthermometers: am Standort schleudert man das Thermometer ca. 3 min lang und liest dann sofort die Zehntelgrade ab (ändern sich schnell), danach die vollen Grade. Zur Kontrollmessung wird nochmals 1 min geschleudert und abgelesen (nach STEUBING 1965).

Gebrauch des ASSMANN-Psychrometers: am Standort wird das Uhrwerk aufgezogen und das Gerät senkrecht oder waagerecht in der zu untersuchenden Höhe aufgehängt/ausgelegt. Nach 3 min Ventilationszeit kann abgelesen werden (nach STEUBING 1965).

Genaue Messungen sind mit dem ASSMANN-Psychrometer möglich, allerdings ist der finanzielle Aufwand entsprechend hoch. Für orientierende Messungen (z.B. in der Schule) reicht das Schleuderthermometer durchaus.

Die mittlere Temperatur der Luft unterscheidet sich jedoch stark von der Temperatur des Bodens bzw. der Pflanze selbst. Daher sollten Messungen der Bodentemperatur und der Oberflächentemperatur an Pflanzen ebenfalls vorgenommen werden.

2.3.1.2.2.) Bodentemperaturmessung

Bei der Messung der Bodentemperatur ist ebenfalls auf einige Besonderheiten zu achten: die übliche Temperaturmessung des Bodens wird in 5, 10 und 20 cm Tiefe sowie an der Oberfläche durchgeführt. Die Oberflächenmessung erweist sich technisch allerdings als schwierig, da die Thermometerkugel mit wenig Boden bedeckt werden soll, um Fremdstrahlungseinflüsse zu vermeiden. Meist wird dann die Temperatur nicht an der Oberfläche, sondern in einigen mm Tiefe gemessen, was je nach Bodenart/-typ bereits erhebliche Unterschiede im Meßergebnis aufweisen kann, je nach Farbe, Wärmeleitfähigkeit und spezifischer Wärme des Bodens (Tab. 22).

Tabelle 22: Wärmeleitfähigkeit und spezifische Wärme verschiedener Bodenarten (nach WALTER 1960)

Bodenart	$\frac{cal}{Grd. \cdot cm \cdot sec.}$ = Wärmeleitfähigkeit	spez. Wärme (cal/cm^3)	Temp.-Leitfähigkeit (Quotient aus Wärmeleitf. + spez. Wärme)
Sand (naß)	0,004	0,510	0,01
Humus	0,003	0,525	0,005
Moor (naß)	0,002	0,7	0,003

Der Zusammenhang zwischen spezifischer Wärme und Wärmeleitfähigkeit: je geringer diese Werte ausfallen, um so stärker erwärmt sich der Boden bei Einstrahlung und um so stärker kühlt dieser Boden nachts ab.

Daher wird die Temperaturmessung häufig mit elektronischen Thermometern gemessen, die eine kurze Ansprechzeit haben und dem Boden aufliegen.

Methodik der Bodentemperaturmessung:

Ausrüstung: 4 Bodenthermometer oder geeichte Laborthermometer pro Gruppe. Am Standort wird ein Thermometer so auf die Oberfläche gelegt, daß das Flüssigkeitsreservoir gerade in der obersten Bodenschicht verschwindet (ca. 5 mm Tiefe). Für die übrigen drei Thermometer werden mit einem Stock 5, 10 und 20 cm tiefe Löcher vorgebohrt (der Stockdurchmesser sollte ähnlich dem der Thermometer sein), in die die Thermometer dann gestellt werden.
Die Lage der Thermometer ist mit einer Fahne o.ä. zu kennzeichnen, damit kein Thermometer zertreten wird. Das Ableseintervall sollte etwa 15 min (oder weniger) betragen.

Parallel sollten Lufttemperaturmessungen durchgeführt werden, um Unterschiede zwischen Boden und Luft zu verdeutlichen.

Bei Vorhandensein eines elektronischen Temperaturmeßgerätes läßt sich leicht eine Thermosäule mit 4 Thermoelementen bauen, die am Standort vergraben wird. Mit einem Mehrbereichsschalter lassen sich dann die 4 Bodentemperaturen nacheinander ablesen.

Besonders interessant sind Bodentemperaturmessungen an geneigten Flächen, bei denen die Abhängigkeit des Gefälles und der Exposition und der Bodentemperatur erarbeitet werden können.

2.3.1.2.3.) Oberflächentemperaturmessungen an Pflanzen

Die Pflanzenorgane, besonders die Blätter, sind zeitweise hohen Extremtemperaturen ausgesetzt, die erheblich von der Umgebungstemperatur abweichen können. Mit der Sonnenstrahlung wird der Pflanze Wärmeenergie zugeführt, die z. T. absorbiert wird. Ein Teil der Absorptionsenergie wird wiederum durch Transpiration bzw.. Assimilation verbraucht. Gut transpirierende Blätter müssen dementsprechend kühler sein als schlecht transpirierende (STEUBING 1965), sukkulente Blätter weisen andere Temperaturen auf als xeromorphe etc; die Anatomie der Blätter beeinflußt also die Temperatur der Oberfläche. Um zu erfassen, welchen Temperaturdifferenzen die Pflanze ausgesetzt ist, sind neben den beschriebenen Temperaturmessungen auch solche an Pflanzenorganen empfehlenswert.

Zur Blattoberflächenmessung sind die herkömmlichen Quecksilber- und Alkoholthermometer ungeeignet, da sie eine zu große Fläche besitzen, von der nur ein Teil zur Messung genutzt werden kann - die Strahlungsbeeinflussung ist zu groß. Darum werden solche Messungen meist mit Thermistoren und Galvanometern durchgeführt. Thermistoren sind elektrische Thermoelemente, die auf Temperaturveränderung meist mit einer Widerstandsänderung reagieren. Es werden bei der Messung also Widerstände mit einem Galvanometer gemessen.

Die Thermistoren müssen bestimmten Bedingungen genügen :
a) kleine Fläche, b) schnelle Ansprechzeit, c) dünne Meßfühler für schnelle Temperaturleitung.
Allen diesen Bedingungen genügt der Selbstbau-Meßfühler, den STEUBING (1965) beschrieben hat (s. Anhang). In Verbindung mit einem Vielzweckmeßgerät (Vielfachmeßgerät) oder einer Wheatstone-Meßbrücke lassen sich mit diesem Thermofühler die Oberflächentemperaturen schnell und einfach messen. Vor der Mes-

sung im Gelände muß der Fühler allerdings geeicht werden (vgl. STEUBING 1965). Die bei der Eichung erhaltenen Werte werden in Abhängigkeit von der Temperatur in ein Koordinatensystem (Millimeterpapier) eingetragen und ergeben so eine Eichkurve, aus der später im Gelände schnell gemessene Widerstandswerte in Temperaturen umgerechnet (abgelesen) werden können.

Neben dem Selbstbaufühler werden neuerdings auch spezielle Oberflächenthermistoren von verschiedenen Herstellern angeboten, die sehr dünn und klein sind und auch über eine geringe Ansprechzeit verfügen (vgl. Anhang); die Kosten sind allerdings noch relativ hoch. In Verbindung mit einem Vielzweckmeßgerät können diese Thermistoren für Messungen verwendet werden. Ein Vielzweckmeßgerät sollte auf jeden Fall in der Schule vorhanden sein (Physik-Lehrmittelsammlung) oder angeschafft werden, da es in der Ökologie vielseitig verwendbar ist (vgl. auch Leitfähigkeitsmessung und Lichtmessung).

2.3.2.) Licht

Das Tageslicht hat für die Pflanze eine besondere, lebenswichtige Bedeutung, da es die Photosynthese erst möglich macht. Daher geben Lichtmessungen Auskunft über den Lichtgenuß von Pflanzen und somit über ihre Produktivität. Weiterhin ermöglichen Lichtmessungen, die auch sehr einfach durchzuführen sind (s.u.) die empirische Grundlage für ökologische Untergliederungen von Pflanzengruppen (lichtbedürftige, schattenertragende Pflanzenarten). Die Lichtmessung wird sich besonders bei der Behandlung des Ökosystems "Wald" als Bezugsgröße und bestandbildender Ökofaktor anbieten.

2.3.2.1.) Lichtmessungen

Meßmethode: Den im Handel üblichen Lichtmeßgeräten (Luxmeter) liegt die Eigenschaft bestimmter Elemente (z.B. Selen) zugrunde, bei Lichteinfall Elektronen abzugeben und somit einen meßbaren fließenden Strom zu erzeugen. Die Elektroindustrie hat allerdings neuerdings sogenannte Lichtwiderstände (LDR) auf den Markt gebracht, mit denen sich im Eigenbau recht empfindliche Lichtmesser herstellen lassen (s. Anhang). Die Lichtwiderstände zeigen die Eigenart, bei starkem Lichteinfall den Widerstand zu erhöhen. Die LDR-Meßgeräte haben gegenüber den herkömmlichen Selenzellen einen entscheidenden Vorteil: sie zeigen keine Ermüdungserscheinungen im Dauerbetrieb. Die Selen-Photoelemente werden bei starkem Lichteinfall im Laufe der Zeit träge und zeigen ungenaue Werte; außerdem ist ihre Ansprechzeit länger und sie sind nicht so empfindlich. In der Schule ist die Anschaffung von Luxmetern meist aus finanziellen Gründen nicht möglich. Der interessierte Lehrer muß sich also entweder ein Lichtmeßgerät selber herstellen (s. Anhang) oder er muß auf den Photo-Belichtungsmesser als Lichtmeßgerät zurückgreifen (S. 58).

Um Lichtmessungen in Waldstücken vornehmen zu können, benötigt man mehrere Belichtungsmesser (pro Arbeitsgruppe von 4 Schülern ein Gerät), die aller-

dings alle mit einer Opalscheibe (Streuscheibe) zur indirekten Lichtmessung versehen sein müssen. Dazu können Selen-Belichtungsmesser oder CDS-Belichtungsmesser verwendet werden. Die Streuscheibe muß vorhanden sein, damit die Ergebnisse vergleichbar werden und damit Streulicht gemessen werden kann. Im Gelände werden nun alle Belichtungsmesser auf die gleiche DIN- (ASA-) Zahl eingestellt und der Blendenwert muß fest (gleich) eingestellt sein bzw. abgelesen werden. Dann werden alle Geräte gegen den unbedeckten Himmel gerichtet und in ihrer Anzeige verglichen; sollten Unterschiede in der Belichtungszeit auftreten, müssen diese korrigiert werden (z.B. durch Änderung der DIN-Zahl). Anschließend können die Messungen durchgeführt werden. Nach der Tab. 23 sind annähernde Umrechnungen in Lux-Werte möglich.

Tabelle 23: Umrechnungstabelle für Lichtwerte bzw. Blende und Belichtungszeiten in Lux (nach GOESSEN-Belichtungsmesser "Lunasix")

DIN- bzw. ASA-Einstellung: 18 DIN oder 50 ASA

Lichtwert*	Blende	Bel.-zeit	Lux (ca.)	Lichtwert	Blende	Bel.-zeit	Lux (ca.)
1	8	30 min.	0,17	12	8	1 sec.	350
2	8	15 min.	0,35	13	8	1/2 sec.	700
3	8	8 min.	0,7	14	8	1/4 sec.	1400
4	8	4 min.	1,4	15	8	1/8 sec.	2800
5	8	2 min.	2,8	16	8	1/15 sec.	5500
6	8	1 min.	5,5	17	8	1/30 sec.	11000
7	8	30 sec.	11	18	8	1/60 sec.	22000
8	8	15 sec.	22	19	8	1/125sec.	44000
9	8	8 sec.	44	20	8	1/250sec.	88000
10	8	4 sec.	88	21	8	1/500sec.	175000
11	8	2 sec.	175	22	8	1/1000sec.	350000

*) ist auf vielen Belichtungsmessern nicht angegeben; daher Blende und Zeit ablesen.

Durch Vorschaltung genormter Farbfilter lassen sich auch mit Hilfe des Belichtungsmessers bestimmte Wellenlängenbereiche des weißen Lichtes herausfiltern (als Farbfilter z.B. SCHOTT und GEN: BG 12: 320 - 510 nm
VG 9: 435 - 630 nm
RG 2: 600 - 800 nm).

Die Durchführung der Messung selbst richtet sich nach dem Standort und nach der ökologischen Fragestellung. In der Regel wird man bemüht sein, den Lichteinfall in Höhe der Vegetation zu messen. Dazu klappt man die Streuscheibe vor die Meßzelle und geht mit dem Belichtungsmesser auf den Boden. In Höhe der oberen Pflanzenteile wird das Gerät senkrecht gehalten, die Lichtwerte bzw. Belichtungszeiten abgelesen und auf einem Protokoll notiert.

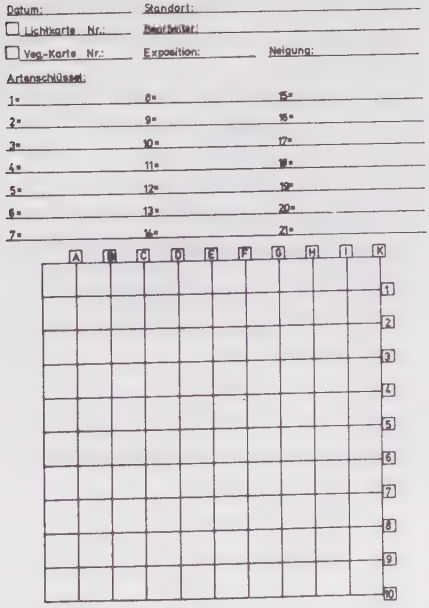
Eine spezielle Lichtmessung stellt die Lichtkartierung nach ELLENBERG dar. Sie findet hauptsächlich Anwendung in beschatteten Pflanzenbeständen wie z.B. Wäldern. Hierbei wird eine Probefläche von ca. 100 qm abgesteckt. Dann wird diese Fläche mit Bindfäden in 1 qm-Flächen eingeteilt. Anschließend wird jeweils an den Schnittpunkten zweier Bänder der Lichtwert ermittelt und in eine entsprechend vorbereitete Karte (Abb. 22) eingetragen. Mit ca. 100 Messungen (bei Bedarf weniger) wird die Karte "gefüllt". Später werden Differenzen zwischen den Lichtwerten graphisch interpoliert, so daß man die Punkte gleicher Lichtintensität mit Linien zu den sog. Isophoten verbinden kann. Dazu wird eine Vegetationskarte der Probefläche erstellt. Indem man nun die Lichtkarte mit den Lichtfeldern/-linien auf eine Folie oder Transparentpapier überträgt, kann sie auf die Vegetationskarte gelegt und ermittelt werden, welche Pflanzen bei einer bestimmten Lichtintensität (%) noch existieren können (näheres hierzu im speziellen Teil).

Die Umrechnung der Lichtwerte des Belichtungsmessers kann natürlich bei einer Einzelaufnahme unterbleiben. Will man allerdings den Strahlungshaushalt am Standort beurteilen, ist eine Umrechnung der Luxwerte notwendig, da zwischen den Luxwerten und der eingestrahlten Energie die Beziehung :

100 Lux 10,5 W/qm = 0,015 cal/qm • min (LARCHER 1976)
bzw. 100 Lux 10,5 W/qm = 0,06 J/qm • min

besteht. Man kann also die Gesamtenergieeinstrahlung auf die Probefläche in einer bestimmten Zeiteinheit berechnen. Somit kann die Messung der Lichtmenge die Strahlungsmessung (mit aufwendigen Geräten) zumindest für schulische Zwecke ersetzen.

Abb. 22: Protokoll für die Licht- und Vegetationskartierung



2.3.3.) Wasserhaushalt

2.3.3.1.) Niederschlagsmessungen

Die klimatischen Bedingungen in einem größeren Gebiet (Großklima) sind durch ihre Niederschlagsmenge erheblich an der Ausprägung der Vegetation beteiligt. Werden an einem Standort längere Untersuchungen durchgeführt, sollten daher auch Niederschlagsmessungen durchgeführt werden*.

Dazu bedient man sich des sogenannten HELLMANNschen Regenmessers. Dies ist ein offenes, zylindrisches Gefäß, das im oberen Teil einen Trichter mit einer Auffangfläche von 200 qcm besitzt. Dieser Trichter leitet den Niederschlag (Regen, Schnee) in ein unter ihm befindliches Glasgefäß, das mit einer Skala versehen ist. So kann man gleich die Niederschlagsmenge ablesen (1 mm = 1l/qm). Im Gärtnereifachhandel sind seit einiger Zeit brauchbare Kunststoff-Regenmesser für den Garten erhältlich, deren Anschaffung rentabler ist als die eines echten HELLMANN-Regenmessers. Kosten für den Kunststoffregenmesser ca. DM 10,-/Stück.

Besonders für Schulen eignet sich die Anschaffung mehrerer solcher Regenmesser. Beschafft man sich dann noch im Sanitärfachhandel Filterkörbe aus Feindrahtgeflecht, die als Einsatz in den Regenmesser passen, hat man gleich ein Fanggefäß für Nebel (wichtig für Nachtmessungen), da die treibenden Wassertröpfchen im feinen Maschengitter des Filterkorbes kondensieren und nach unten in den Regenmesser fallen. Das Maschengitter sollte allerdings mit 3 Drahtfüßen versehen werden, damit das Kondensat gut ablaufen kann (s.Anhang). Somit hat man die Ausrüstung für Regen- und Nebelmessungen.

Nebel und Tau bilden für viele Pflanzen, besonders in der trockenen Jahreszeit, eine zusätzliche, wenn nicht sogar zeitweise die einzige Wasserzufuhr und sind darum bei der Erfassung der Niederschlagsmenge mit zu berücksichtigen. Sind die Untersuchungen am Standort so kurz, daß keine Niederschlagsmessungen durchgeführt werden können, kann man die Werte beim nächsten meteorologischen Dienst erfragen.

Die Messung der relativen Luftfeuchtigkeit (s.u.) sollte aber im Bestand auf jeden Fall durchgeführt werden.

2.3.3.2.) Messung der Luftfeuchtigkeit

Die Luftfeuchtigkeit ist ein Maß für die in der Atmosphäre vorhandene Wasserdampfmenge (in g/ccm). Das Aufnahmevermögen der Luft für Wasserdampf ist temperaturabhängig: je höher die Temperatur, umso mehr Wasserdampf kann in der Atmosphäre vorhanden sein. Die Menge des Wasserdampfes in der Luft ist auch abhängig von der Vegetation, da Pflanzen durch Transpiration dauernd Wasserdampf an die Luft abgeben. Die vom Boden an die Atmosphäre abgegebene Wassermenge (= Evaporation) ist gering. Daher ist die Luftfeuchtigkeit in oder über Pflanzenbeständen viel höher als über vegetationslosem Boden.

---

*) Meteorologische Stationen führen zwar regelmäßig Niederschlagsmessungen durch, allerdings nicht in bestimmten Pflanzenbeständen.

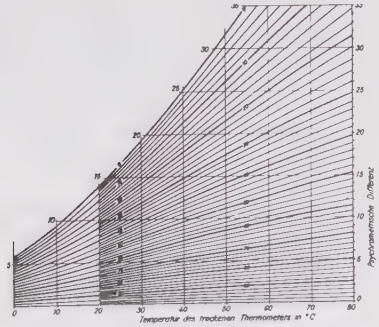
Zur Messung der Luftfeuchtigkeit (relative Feuchte, d.h. allgemeine Feuchte, im Gegensatz zur absoluten Feuchte = die zu einem bestimmten Zeitpunkt vorhandene Feuchtigkeit) bedient man sich eines Hygrometers, Hygrographen oder des bereits erwähnten ASSMANN-Psychrometers.

Das Hygrometer als einfachstes Meßinstrument erfaßt die Luftfeuchtigkeit mit Hilfe eines Haares, das sich bei Feuchtigkeitszunahme ausdehnt, bei Trockenheit dagegen schrumpft. Über eine Zeigerachse wird der Dehnungskoeffizient direkt ablesbar. Die Skala des Hygrometers ist in "% rel. Feuchte" eingeteilt.

Der Hygrograph ist ein selbständig registrierendes gerät (Trommelschreiber), das die Feuchtigkeit kontinuierlich mißt und aufschreibt. Das Funktionsprinzip ist gleich wie beim Hygrometer: Ausdehnungsunterschiede von Haaren werden über einen Zeigermechanismus auf eine rotierende Trommel (1 Umdrehung/ Tag oder 1 Umdrehung/7 Tage) aufgezeichnet.

Mit dem Aspirationspsychrometer kann ebenfalls die relative Luftfeuchtigkeit bestimmt werden. Eines der zwei Thermometer des ASSMANN-Psychrometers ist mit einem Docht um das Quecksilbergefäß versehen. Dieser Docht wird vor Gebrauch angefeuchtet. Dann wird das Uhrwerk aufgezogen und nach 3 min Laufzeit werden die Temperatur des feuchten (Tf) und des trockenen (Tr) Thermometers gemessen. Aus der Temperaturdifferenz beider Thermometer und der Temperatur des trockenen Thermometers kann aus einer dem Psychrometer beiliegenden Tafel die relative Feuchte abgelesen werden (Abb. 23)

Abb. 23: Psychrometer-Diagramm (aus STEUBING 1965)



2.3.3.3.) Evaporationsmessungen

Abb. 24: PICHE-Evaporimeter (aus STEUBING 1965)

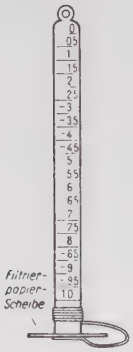
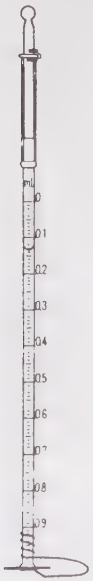


Abb. 25: Kurzzeit-Evaporimeter (aus STEUBING 1965)



Die Verdunstung toter Oberflächen bezeichnet man als Evaporation; Meßgeräte, die zur Bestimmung der Evaporation benutzt werden, nennt man Evaporimeter. Die Evaporation ist von drei Faktoren abhängig: Temperatur, Luftfeuchtigkeit und Wind. Die Bestimmung der Evaporation in verschiedenen Pflanzenbeständen kann als Maß für die Luftfeuchtigkeit gelten, da die Evaporation stark abhängig von der Luftfeuchte ist. Je mehr Wasser in einer Zeiteinheit verdunstet, umso trockener ist die Luft. An feuchten Standorten hingegen kann in der gleichen Zeit nur wenig Wasser verdunsten.

Für die Standortuntersuchung kann das sog. PICHE-Evaporimeter (Abb. 24) eingesetzt werden. Dieses graduierte, einseitig geschlossene Glasrohr besitzt an der Öffnung eine Halteklammer, die die grünen Löschpapierscheiben beim Einsatz an die Öffnung drückt. Am Standort werden mehrere Evaporimeter mit dest. Wasser gefüllt, je 1 feuchte grüne Papierscheibe aufgelegt, in die in der Mitte mit einer Nadel ein kleines Loch gestochen wurde (Luftdurchtritt), mit der Halteklammer befestigt und umgedreht. Dann werden die Evaporimeter an verschiedenen Stellen aufgehängt (z.B. an Bäumen, Zaunpfählen), der Wasserstand und die Uhrzeit werden notiert und alle 1/2 Std (1/4 Std) wird abgelesen und notiert, wieviel ml Wasser in der Zeit verdunstet ist.

Steht nicht viel Zeit zur Verfügung, muß mit einem Kurzzeit-Evaporimeter (Abb. 25) gearbeitet werden, das man sich leicht selbst aus graduierten Meßpipetten (1 ml) herstellen kann (s.Anhang). Dieses Kurzzeit-Evaporimeter liefert raschere Resultate und sollte alle 5 min abgelesen werden.

Man achte beim Einsatz der Evaporimeter darauf, daß

a) die Glasröhrchen nicht direkt der Sonne ausgesetzt werden, da sich dann die darin befindliche Luft ausdehnt und Wasser herausdrückt,

b) bei zwischenzeitlichen Niederschlägen den Filterpapierscheiben evtl. aufliegendes Wasser gleich abgesaugt wird, da sonst erst das Niederschlagswasser verdunstet (WALTER 1960).

2.3.4.) Windmessungen

Wind ist ein mechanischer Faktor, der den Standort allgemein beeinflußt. Je nach Windverhältnissen können bestimmte Pflanzen nur bedingt oder nicht mehr existieren (z.B. Bäume). Eine andere Wirkung des Windes richtet sich auf den Boden. Trockene Bodenpartikel werden vom Wind fortgetrieben (Erosion), wenn der Boden nicht von Pflanzenwurzeln gehalten (z.B. Acker) oder durch Windschutzanlagen (z.B. Hecken) geschützt wird.

Die charakteristischen Meßgrößen des Windes sind seine Richtung und seine Geschwindigkeit. Für die Erfassung dieser Größen stehen verschiedene Anemometer (Windmesser) zur Verfügung.

Das geläufigste Anemometer ist ein Schalenkreuzanemometer. An einem Flügelrad sind Halbkugeln angebracht, die den Windzug auffangen und über das Rad/Achse eine elektrische Induktion erzeugen, die ihrerseits von einem Instrument angezeigt wird. Die Skala des Instrumentes ist geeicht in m/sec. Da die Anschaffung dieser Geräte meist aufwendig ist, ist im Anhang ein einfaches, preiswertes Anemometer dargestellt.

Neben der Windgeschwindigkeit ist die Windrichtung wichtig; zur Windrichtungsbestimmung bedient man sich im Gelände des Kompasses und der Bewegung eines mitgeführten Wimpels. Beim o.g. Anemometer (im Anhang) ist eine Windfahne auf dem Gerät installiert, so daß die Richtung sofort bestimmt werden kann.

Neben den Anemometern zur punktuellen Windgeschwindigkeitsbestimmung gibt es noch sog. Windwegmesser, das sind Schalenkreuzanemometer mit einem Zählwerk, das die Umdrehungen des Schalenkreuzes anzeigt. Aus der Anzeige kann die mittlere Windgeschwindigkeit/Zeiteinheit bestimmt werden. Das o.g. Anemometer kann durch Anbringen eines Zählwerks zu einem Windwegmesser umgerüstet werden (s.Anhang).

Besondere Bedeutung erhält die Windmessung bei exponierten Pflanzengesellschaften, der Windschutzwirkung von Hecken (Abb. 26), den Windverhältnissen in verschiedenen Waldgesellschaften und auf den Inseln.

Abb. 26: Windmessungen an einer Windschutzanlage (aus WILMANNS 1973)

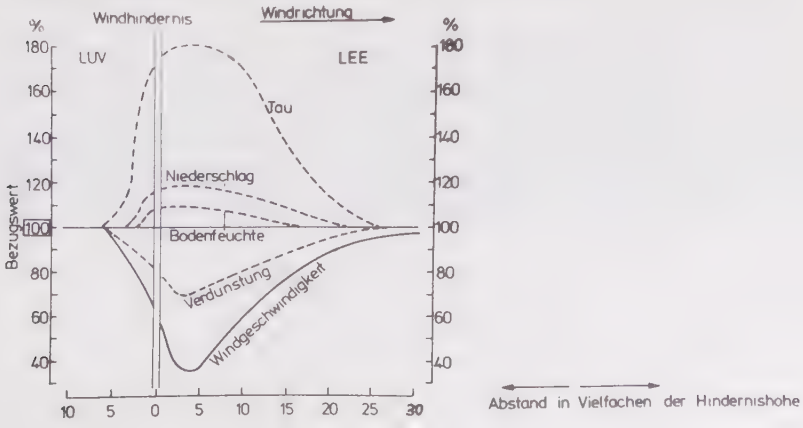


Tabelle 24: Zusammenfassung: Protokollvorschlag für Kleinklima-Standortmessung (wichtigste Daten)

PROTOKOLL für KLEINKLIMAMESSUNGEN/STANDORTUNTERSUCHUNGEN

Lfd.Nr.: Standort:

Genaue Ortsbezeichnung:

Datum: Beginn: Uhr Ende: Uhr

Ableseintervall: min Wetter:

Zugehörige Vegetationsaufnahme-Nr.:

1.) G E L Ä N D E

Karte: MTB Höhe: m ü.NN Neigung:

Geländebeschreibung:

Planzeigerwerte: R: H: Exposition:

2.) B O D E N

Bodentemperatur:	Zeit										
	0 cm										
	5 cm										
	10 cm										
	20 cm										

Bodenwassergehalt: % pH-Wert: Kalkgehalt: %

Bodenart: Bodentyp:

Zugehörige Bodenanalyse-Nr.:

3.) L U F T

Lufttemperatur:	Zeit										
	5 cm										
	50 cm										
	150 cm										
Luftfeuchtigkeit:	Zeit										
	F										
	T										
	Diff.										
	Feuchte %										

Evaporation:	Zeit										
	ml										
Windgeschw.	Zeit										
	m/sec										
Windweg:	Zeit										
	Zählrad										
	Diff.										
	v_m										

Vorwiegende Windrichtung:

Licht:	Zeit					
	Lux					
	Zeit					
	Lux					

4) C H E M I S C H E U N T E R S U C H U N G E N

100 g Boden enthalten:

Nitrat (NO_3^-) mg Phosphat (PO_4^{3-}) mg

Chlorid (Cl^-) mg Kalk ($CaCO_3$) mg

Ammonium (NH_4^+) mg Humus (C) mg

Die Luft über 1 m^2 enthält: Kohlendioxid (CO_2) mg

5) E R G Ä N Z U N G E N

2.3.5.) Luftuntersuchungen

Die chemische Untersuchung der Luft ist schwierig; besonders interessant für die Standortuntersuchung ist die Erfassung der CO_2-Konzentration bzw. CO_2-Absorption in unterschiedlichen Pflanzengesellschaften, da über diese Werte Aussagen zur Produktionsbiologie des Bestandes gemacht werden können.

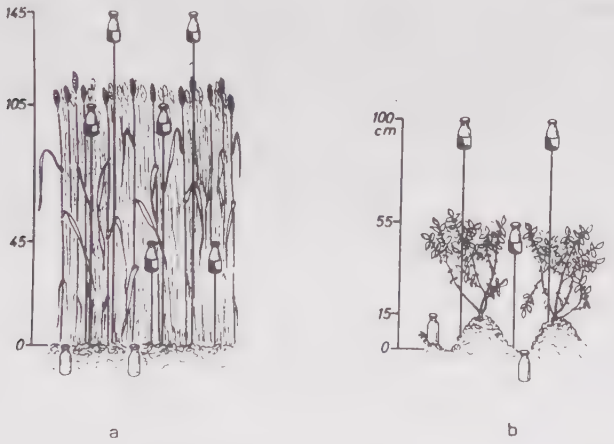
2.3.5.1 Die quantitative CO_2-Ermittlung (nach: WALTER 1960)

Reagenzien: 0,5 n Kalilauge, 1 % Phenolphthaleinlösung (alkoholisch)
0,1 n Salzsäure, Methylorange

Für die quantitative Untersuchung der CO_2-Verhältnisse benötigt man mehrere (mindestens 5) 200 ccm-Joghurtflaschen (12 cm Höhe, 3,5 cm Durchmesser) für jede Untersuchungsstelle. Diese Flaschen werden im Labor mit 10 ccm 0,5 n KOH gefüllt und mit Gummistopfen verschlossen.

Am Standort werden die Flaschen nun in unterschiedlicher Höhe im Bestand exponiert: z.B. im Boden, 50 cm über dem Boden, 100 cm über dem Boden etc. (Abb. 27).

Abb. 27: Quantitative CO_2-Untersuchung in einem Weizenfeld (27 a) (aus: WALTER 1960) und in einem Kartoffelacker (27 b)



Sind die Flaschen in entsprechender Höhe angebracht, werden die Stopfen entfernt und mehrere Stunden stehen die Flaschen nun offen im Bestand. Parallel zu dieser Untersuchung sollte je ein Windweqmesser in 1 m Höhe und am Boden exponiert werden, da die CO_2-Absorption der Meßgeräte stark windabhängig ist.

Nach einigen Stunden werden die Flaschen wieder eingeholt, sofort mit Gummistopfen verschlossen und ins Labor getragen. Dort werden sie wie folgt behandelt:

I: Zu der Absorptionslösung werden einige Tropfen Phenolphthalein (1 %-ige alkoholische Lösung) als Indikator gegeben. Anschließend wird mit 0,1 n HCl titriert bis die rosa Färbung gerade verschwunden ist. Bürettenstand ablesen und notieren.

II: Dann wird Methylorange als Indikator zugegeben und mit 0,1 n HCl titriert bis zum Farbumschlag nach rosa. Die doppelte Menge der bei II verbrauchten ccm 0,1 n HCl entspricht der gesamten in der Probe vorhanden gewesenen Menge K_2CO_3. Multipliziert man diese Zahl mit 2,2, so erhält man die Menge CO_2 (mg), die von der Lösung während des Versuchs absorbiert wurde.

Neben den exponierten Proben muß eine Blindprobe, d.h. nur 10 ccm 0,5 n KOH, wie beschrieben titriert werden, da die KOH gewöhnlich schon ein wenig Karbonat enthält.

Berechnung des CO_2-Gehaltes:

10 ccm 0,5 n KOH ≙ 50 ccm 0,1 n HCl

Verbrauch bei der Titration gegen Phenolphthalein: x ml 0,1 n HCl (Neutralisation)

Verbrauch bei der Titration gegen Methylorange: y ml

Verbrauch bei der Titration der Blindprobe: z ml

Verbrauch Methylorange abzüglich Verbrauch bei der Blindprobe = absolut verbrauchte Menge HCl

$$(y - z) \times 2 \times 2{,}2 = \text{mg } CO_2$$

Beispiel nach WALTER (1960):

Titration gegen Phenolphthalein (Neutralisation): 39,62 ccm 0,1 n HCl

Titration gegen Methylorange	(y-Wert)	: 10,36 ccm 0,1 n HCl
Titration der Blindprobe	(z-Wert)	: 0,86 ccm 0,1 n HCl
(y - z)		: 9,5

$9{,}5 \times 2 = 19$ ccm 0,1 n $H_2CO_3 = 19 \times 2{,}2 = 41{,}8$ mg CO_2

Die Angabe der absorbierten Menge muß man auf die Auffangfläche des Meßgefäßes beziehen; daher muß die Kreisfläche des Flaschenhalses berechnet werden.

Im Beispiel: 3,5 cm Durchmesser ➡ 1,75 cm r $\pi r^2 = 9{,}62$ qcm

➡ $\pi r^2 \approx 10$ qcm Auffangfläche

Die Genauigkeit der Titration ist sehr hoch; eine gewisse Streuung der Ergebnisse kann durch Parallelproben ermittelt werden. Es ist deshalb ratsam, mehrere (3-5) Flaschen pro Untersuchungsstelle und Höhe zu exponieren.

Dieses Verfahren läßt sich selbstverständlich auch im Rahmen des Umweltschutzes einsetzen, wobei mehrere solcher Flaschen an verschiedenen Stellen um die Schule herum exponiert werden. Nach einer definierten Zeit können die Proben eingeholt und die CO_2-Immission/Zeiteinheit bestimmt werden.

Besonderes Interesse dürfte diese Methode bei der produktionsbiologischen Frage besitzen, z.B. können einige solcher Flaschen in einem Wald auch über Nacht exponiert und erst am nächsten Morgen eingeholt und bestimmt werden. Das höhere Ergebnis (wobei die relative Zunahme durch Luft-CO_2 berücksichtigt werden muß) gibt ein Maß für die Atmung der Pflanzen durch zusätzliche CO_2-Abscheidung.

2.4.) Methoden der Pflanzensoziologie

Die Aufnahme von Pflanzenbeständen mit pflanzensoziologischen Methoden bildet ein Kernstück der standortkundlichen Arbeit. Die pflanzensoziologischen Aufnahmen liefern das biologische Rohmaterial für die Standortbeurteilung. Durch verschiedene Auswertungsmethoden kommt man aus den Vegetationsaufnahmen zu bestimmten Aussagen über den Standort. Diese Aussagen werden mit Hilfe der beschriebenen bodenkundlichen, physikalisch-chemischen und klimatologischen Methoden und Ergebnisse unterstützt bzw. verfeinert. Als wichtiger Aspekt soll dabei die ergänzende und bestätigende Untersuchung des Standortes mit quantitativen chemischen Methoden verdeutlichen, daß die an einem Standort befindliche Vegetation die besonderen Gegebenheiten des Standortes in vielfacher Hinsicht wiederspiegelt. Zunächst sei die pflanzensoziologische Aufnahmemethodik im Gelände dargestellt.

2.4.1 Die pflanzensoziologische Aufnahme nach BRAUN-BLANQUET

Die Auswahl der Probefläche für die Aufnahme des Bestandes ist sehr wichtig und soll deshalb sorgfältig durchgeführt werden.

Die Fläche soll folgenden Bedingungen genügen:

Sie muß: - charakteristisch sein
- gleichförmig aussehen
- eine Mindestgröße aufweisen (Tab. 25)

Tabelle 25: Mindestgröße der Probefläche nach ELLENBERG 1955

Wälder (einschl. Baumschicht)	200 - 500 m^2
Wälder (Krautschicht)	50 - 200 m^2
Trockenrasen	50 - 100 m^2
Heiden	10 - 25 m^2
Wiesen	10 - 25 m^2
Weiden	5 - 10 m^2
Ackerunkrautbestände	25 - 100 m^2

Ist eine den beiden ersten Bedingungen genügende Untersuchungsstelle gefunden, wird eine entsprechende Fläche mit 4 Holzpflöcken markiert, um die dann eine Leine gespannt wird. Das Innere dieses Quadrates/Rechtecks darf nicht mehr betreten werden, damit keine innen stehenden Pflanzen zertreten werden. Vom Protokollanten wird nun der Kopf des Protokolls ausgefüllt (Tab. 26).

Anschließend werden die einzelnen Pflanzen, die im Quadrat wachsen, in der Umgebung gesucht, gesammelt und im Plastikbeutel zur späteren Bestimmung mitgenommen. Die Namen werden untereinander im Protokoll (Tab. 26) eingetragen. Sind (möglichst) alle Pflanzen notiert, wird der gesamte Deckungsgrad (= Vegetationsdichte) geschätzt, d.h. wieviel Prozent der Bodenfläche von allen Pflanzen bedeckt werden.

Anschließend wird geschätzt, wieviel der Probefläche von den einzelnen Pflanzenarten bedeckt wird. Um subjektive Fehler bei der Schätzung auszugleichen, richtet man sich bei der Schätzung des Arten-Deckungsgrades nicht nach exakten Prozentwerten, sondern nach der Schätzskala von BRAUN-BLANQUET:

Deckungsgrad	% - Bedeckung
5	über 75 % der Fläche werden bedeckt
4	50 - 75 % der Fläche werden bedeckt
3	25 - 50 % der Fläche werden bedeckt
2	5 - 25 % der Fläche werden bedeckt
1	zahlreiche Einzelpflanzen, aber weniger als 5 % oder: spärliche Einzelpflanzen und mehr als 5 %
+	spärlich und wenig Fläche bedeckend
r	Einzelexemplar

Obwohl diese Skala sehr grob erscheint, erweist sich in der Praxis, daß es einfacher ist, grobe Schätzungen richtig durchzuführen als feine Schätzungen, die vielen Fehlern unterliegen können und teilweise zu aufwendig sind.

Tabelle 26: Aufnahmeprotokoll für pflanzensoziologische Untersuchungen

V E G E T A T I O N S A U F N A H M E eines .....
(Schätzungsverfahren nach BRAUN - BLANQUET)

Bearbeiter: .....
Lfd.-Nr.: ..... Datum: ..... Ort: .....
Karte: MTB..... Gebiet: ..... Fläche: .....m^2
Meereshöhe: .....ü.NN Lage im Gelände: .....
Neigung: ..... Exposition: .....
Baumschicht: .....% Strauchschicht: .....% Krautschicht: .....%
Bodenbeschaffenheit: .....
Bemerkungen: .....

Artenliste:

	Art	Deckgrad. Vitalität	Gesell.+ Dichte	LF	Phän.	bes. Vorkommen

Gesellschaft:

Der geschätzte Deckungsgrad wird für jede Art ermittelt und in die Spalte "Deckungsgrad" eingetragen. Sind scheinbar alle Arten im Quadrat aufgenommen, folgt die Nachlese.

Auf diese Weise sollten ca. 10 Vegetations-Aufnahmen in einem homogenen Bestand an verschiedenen Stellen erstellt werden (Gruppenarbeit, 1. Quadrat gemeinsam aufnahmen). Die unbekannten Pflanzen sollten mitgenommen und später nachbestimmt werden; ihre Kennummern und Deckungsgrade sollen im Aufnahmeprotokoll vermerkt sein. Bei speziellen Untersuchungen sollte eine Skizze der Probefläche mit den darin enthaltenen Pflanzenbeständen angefertigt werden. An jedem Quadrat sollte eine Bodenprobe gezogen werden zur Bestimmung der Bodenart und evtl. Bodentyp. Geeignetes Probeentnahmegerät hierfür ist der PÜRCKHAUER-Bohrstock.

Sollten Besonderheiten in der unmittelbaren Umgebung des Untersuchungsquadrates festzustellen sein, werden diese unter "Bemerkungen" eingetragen. Die einzelnen Vegetationsaufnahmen müssen möglichst vollständig sein, da die weitere Verarbeitung der Aufnahme nicht im Gelände stattfindet, sondern im Kursraum oder Klassenraum.

Da die Schätzung nach der BRAUN-BLANQUET-Skala anfangs sehr schwierig und unverständlich erscheint, kann die pflanzensoziologische Aufnahmemethode wie folgt eingeübt werden:

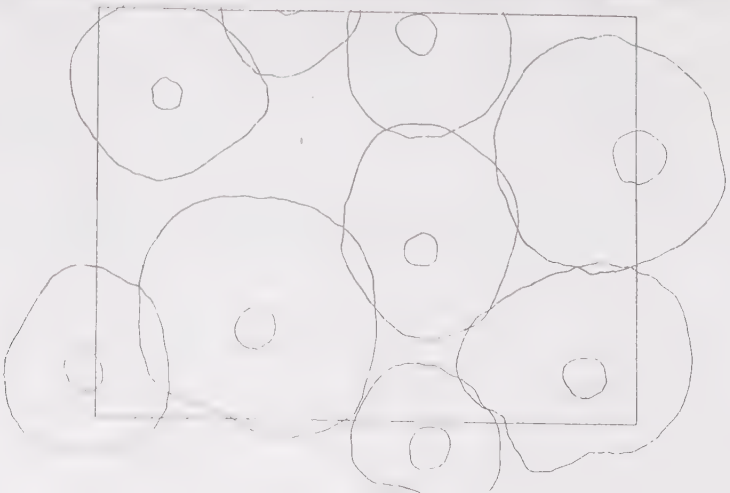
Man fertigt sich nach den Abb. 28 a - d Overhead-Folien an, die dann im Klassenraum/Kursraum projeziert werden. Zunächst nur die Folie 1 mit der Baumschicht. Anschließend schätzen möglichst viele Kursteilnehmer den Deckungsgrad der Bäume. Die Schätzungsergebnisse werden festgehalten, um die Streuung zu verdeutlichen.

Mit den übrigen 2 Vegetations-Folien kann man ähnlich verfahren. Danach wird die Schätzskala von BRAUN-BLANQUET bekannt gegeben und die Schätzung wiederholt. Hierbei liegt die Streuung der Schätzungen erfahrungsgemäß niedriger. Anschließend kann die 4. Folie mit dem Quadrat-/Rechteckraster aufgelegt werden und der exakte Deckungsgrad bestimmt werden.

Durch diese methodische Vorbereitung wird die Handhabung der Schätzskala nach eigenen Erfahrungen leichter und transparenter.

Abb. 28 a - d: Transparentvorlagen zur pflanzensoziologischen Aufnahmemethodik

Abb. 28a:
Baumschicht



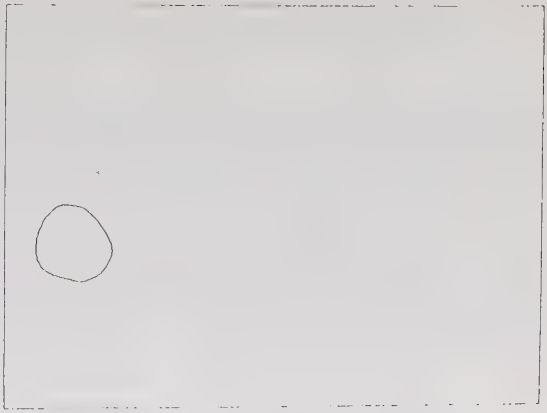


Abb. 28b:
Strauch-
schicht

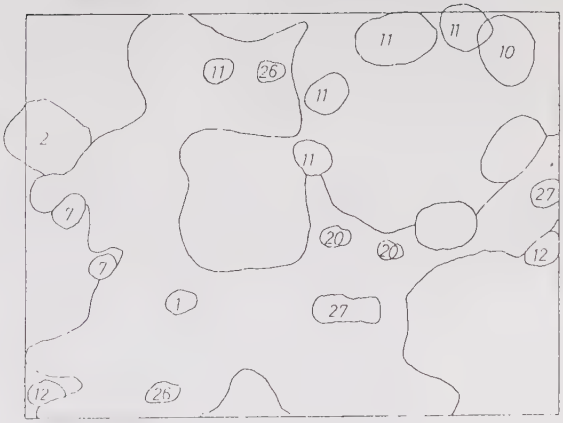


Abb. 28c:
Kraut-
schicht

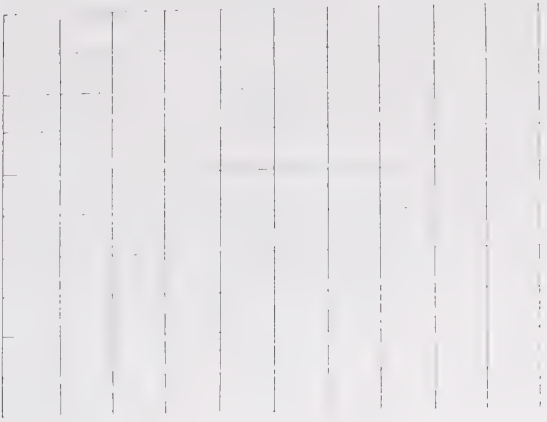


Abb. 28d:

Raster

2.4.2 Pflanzensoziologsche Auswertung der Aufnahmen

Die Einzelaufnahmen werden zum Zwecke der Übersichtlichkeit und einfachen Vergleichbarkeit in sogenannten Rohaufnahmetabellen zusammengefaßt. Dazu schreibt man alle Pflanzenarten untereinander und die laufenden Aufnahme-Nummern in den Kopf der Tabelle (Tab. 27). Dann werden alle Deckungsgrade in die Spalten eingetragen. Die Reihenfolge der laufenden Nummern sollte zunächst eingehalten werden.

Ist die Rohaufnahmetabelle erstellt, zählt man die Häufigkeit des Vorkommens jeder Art in allen Aufnahmen aus und schreibt sie als absolute Zahl in die Stetigkeits-Spalte. Aus der Häufigkeit wird nun die Stetigkeit errechnet. Die Anzahl der Aufnahmen = 100 %. Jede Art-Häufigkeit wird nun in Stetigkeits-% umgerechnet (abs. Wert x 100 : Gesamtaufnahmen) und den 5 Stetigkeitsklassen zugeordnet:

Stetigkeitsklasse	% - Werte
V	100 - 81 %
IV	80 - 61 %
III	60 - 41 %
II	40 - 21 %
I	20 - 1 %

Diese Stetigkeitsklassen werden in die letzte Spalte geschrieben. Schreibt man nun die Rohaufnahme-Tabelle um und ordnet dabei die Arten nach

1. Stetigkeitsklassen
2. bei gleicher Stetigkeitsklasse nach Deckungsgrad
3. bei gleicher Stetigkeitsklasse und gleichem Deckungsgrad nach Alphabet oder Systematik

so erhält man die STETIGKEITSTABELLE. In dieser Tabelle sind alle Arten übersichtlich nach der Häufigkeit ihres Vorkommens geordnet und meist kann man nun bereits eine Differenzierung der Einzelaufnahmen in Gruppen erkennen (Tab. 28 und 29).

Die Arten der Stetigkeitsklasse V sind wichtig für die Bildung der Gesellschaften und meist sind unter ihnen die Charakterarten zu finden. Diese Tabellenarbeit sei an einem Beispiel von Vegetationsaufnahmen im Watt der Insel Wangerooge vom Oktober 1976 verdeutlicht (Tab. 27 - 30).

Aus der Stetigkeitstabelle werden nun die Assoziationenstabellen herausgearbeitet. FUKAREK (1964) empfiehlt als für den Anfänger günstige Methode,

in einer Stetigkeitstabelle die Spalten mit den einzelnen Aufnahmen auseinanderzuschneiden und nun die Einzelaufnahmespalten so lange umzulegen, bis sich charakteristische Pflanzeneinheiten herauskristallisieren. Der geübtere Vegetationskundler erfaßt diese Vegetationseinheiten bereits in der Tabelle und schreibt die Tabelle entsprechend um. Auf diese Weise gelant man zu den eigentlichen Assoziationstabellen (Tab. 30).

Die somit zusammengefaßten Vegetationsaufnahmen bilden auf Grund ihrer ähnlichen Zusammensetzung die Assoziation (Assoziation = kleinste systematische Einheit des pflanzensoziologischen Systems). Da die Herausarbeitung der Assoziationen in vielen Fällen recht schwierig ist, kann für Kurs- bzw. Unterrichtszwecke eine Bearbeitung von Verbänden ausreichen.

Pflanzensoziologisches System : Klassencharakterarten (KC)
Ordnungscharakterarten (OC)
Verbandscharakterarten (VC)
Assoziationscharakterarten (AC)

Tabelle 27: Beispiel einer Rohaufnahmetabelle Wangerooge 1976

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1. Salicornia europaea	5	1-2	3	1-2	3-4	2	4	+-1	+°	r	1°	+°	-	-
1. Spartina townsendii		+	2											
2. Grünalgen		5	5											
1. Halimione portulacoides				3	+	2	+-1	+	r	r	+	+		r°
2. Limonium vulgare				3	1	2-3	2	4	1-2	r	3	2	+	
3. Ameria maritima				+		+	r		r	2				+
4. Artemisia maritima				+		r	r			r		1		r°
5. Suaeda maritima				3-4				+		+	+	+		
6. Puccinellia maritima				5	4	4	1							+
7. Aster tripolium				+		+-1	+				+			
8. Spergularia salina				+										
1. Juncus gerardii							1-2		5		5	5	5	1-2
2. Honckenya peploides						+	+					+	+	
3. Plantago maritima						+	2	+	1-2		1-2	1		
4. Festuca ovina							2							+
1. Atriplex hastata									r	r-+		+	+	
2. Juncus maritimus											1	1		
1. Moose														2
2. Lotus corniculatus														1
3. Keimlinge														1
4. Agropyron														+
5. Poa annua														+
6. Ammophila arenaria														+
Artenzahl	1	3	3	9	4	7	11	5	7	7	8	10	4	12

Tabelle 28: Rohtabelle mit Stetigkeitswerten

	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	St	St	%
Limonium vulgare	3	1	2-3	2	4	1-2	r	3	2	+	10	V	100
Halimione portulacoides	3	+	2	+-1	+	r	r	+	+		9	V	90
Puccinellia maritima	5	4	4	1							4	II	40
Spergularia salina	+										1	I	10
Suaeda maritima	3-4				+		+	+	+		5	III	50
Armeria maritima	+		+	r		r	2				5	III	50
Aster tripolium	+		+-1	+				+			4	II	40
Artemisia maritima	+		r	r			r		1		5	III	50
Honkenya peploides			+	+					+	+	4	II	40
Plantago maritima			+	2	+	1-2		1-2	1		6	III	60
Juncus gerardii				1-2		5		5	5	5	6	III	60
Festuca ovina				2							2	I	20
Atriplex hastata						r	r-+		+	+	4	II	40
Juncus maritimus								1	1		2	I	20
Corynephorus canescens										+	1	I	10

Tabelle 29: Stetigkeitstabelle (Arten nach Stetigkeit geordnet)

	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	%	Stet.
Limonium vulgare (10)	3	1	2-3	2	4	1-2	r	3	2	+	100	V
Halimione portulacoides (9)	3	+	2	+-1	+	r	r	+	+		90	V
Plantago maritima (6)			+	2	+	1-2		1-2	1		60	III
Juncus gerardii (5)				1-2		5		5	5	5	50	III
Suaeda maritima (5)	3-4				+		+	+	+		50	III
Armeria maritima (5)	+		+	r		r	2				50	III
Artemisia maritima (5)	+		r	r			r		1		50	III
Puccinellia maritima (4)	5	4	4	1							40	II
Aster tripolium (4)	+		+-1	+				+			40	II
Honckenya peploides (4)			+	+					+	+	40	II
Atriplex hastata (4)						r	r-+		+	+	40	II
Festuca ovina (1)				2							10	I
Juncus maritimus (2)								1	1		20	I
Spergularia salina (1)	+										10	I
Corynephorus canescens (1)										+	10	I
Artenzahl:	8	3	8	10	4	6	6	7	9	5		

Tabelle 30: Beispiel einer Assoziationstabelle des Andelrasens (nach Tab. 27)

Ass.: Puccinellietum maritimae

Aufnahme Nr.	4	6	7	5
AC: Puccinellia maritima	5	4	1	4
VC: Halimione portulacoides	3	2	+–1	+
OC: Aster tripolium	+	+–1	+	
OC: Artemisia maritima	+	r	r	
OC: Plantago maritima		+	2	
KC: Limonium vulgare	3	2–3	2	1
B: Armeria maritima	+	+	r	
Honckenya peploides		+	+	
Suaeda maritima	3–4			
Juncus gerardii			1–2	

2.4.3.) Einordnung in das pflanzensoziologische System

In Anlehnung an ELLENBERG (1974) erscheint es sinnvoll, die Pflanzenarten Deutschlands, sofern bekannt, mit einem Index zu versehen, der ihre pflanzensoziologische Zugehörigkeit (Zeigerwert) anzeigt. Das Verzeichnis von ELLENBERG (1974) hat er selbst im Jahre 1978 in revidierter und umfassenderer Form veröffentlicht. Im speziellen Teil gehe ich näher auf dieses System ein.

Die Stetigkeitstabelle dient zur übersichtlichen Ordnung der Einzelaufnahmen. Trägt man nun in eine besondere Spalte der Stetigkeitstabelle die oben genannten soziologischen Indices ein, bekommt man einen soziologischen Überblick über die Zugehörigkeit der Arten zu bestimmten Pflanzenformationen. Für die einzelnen Indices kann man nun den %–Anteil des Vorkommens in der Tabelle ermitteln. Der Index mit dem höchsten %–Anteil symbolisiert dann die zugehörige Pflanzenformation (siehe Tab. 31). Auf diese Weise gelangt man rasch zur Einordnung in das pflanzensoziologische System ohne die ansonsten sehr umfangreiche Tabellenarbeit; näheres zur Tabellenarbeit ist bei ELLENBERG (1955) nachzulesen.

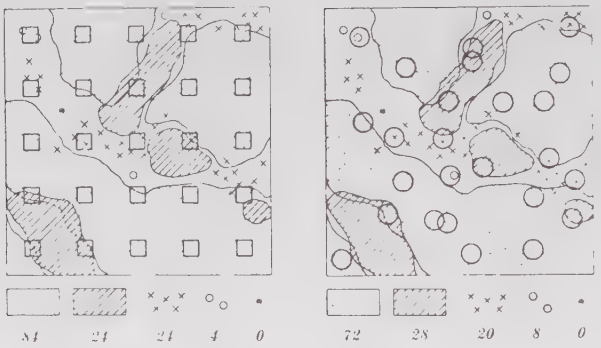
2.4.4.) Pflanzenaufnahme mit der Frequenzmethode nach BRAUN–BLANQUET

Eine einfachere Aufnahmemethodik besteht darin, innerhalb eines homogenen Pflanzenbestandes viele kleine Aufnahmen zu machen, bei denen nur die vorkommenden Arten notiert werden. Liegen genug Einzelaufnahmen vor, wird für jede Art die FREQUENZ, d.h. die Häufigkeit des Vorkommens in % ermittelt.

Die Auswahl der Probeflächen kann willkürlich (Abb. 29b) oder geordnet (Abb. 29a) sein. Die Probeflächen müssen jedoch von einheitlicher Größe sein; man hat sich daher auf Quadrate mit 1 m Seitenlänge geeinigt.

Abb. 29: Frequenzuntersuchung (aus ELLENBERG 1955)

a) geordnete Probeflächen b) willkürliche Probeflächen



Da diese Aufnahmetechnik weniger abstraktes Denkvermögen erfordert (Abundanz schätzen - sehr abstrakt), erscheint sie besonders für die Arbeit in der Schule oder für einführende Kurse in pflanzensoziologische Methodik an Hochschulen geeignet. Die entsprechende Einordnung eines solchen Bestandes erfolgt wie bei 4.3.) beschrieben über die pflanzensoziologischen Kennindices. Der prozentual überwiegende Index entspricht der gesuchten Pflanzenformation.

2.4.5.) Dauerquadratuntersuchungen

Unter bestimmten Fragestellungen zur Entwicklung von Pflanzengesellschaften ist es ratsam, Dauerbeobachtungsflächen in der Nähe des Institutes oder der Schule einzurichten. Dies sind eingezäunte Probeflächen einer bestimmten Vegetationsformation, die ganzjährig geschützt gegen Tritt, Verbiß etc. beobachtet werden können. Auf diese Weise kann sich die Pflanzendecke ungestört entwickeln und man kann durch Kartierung erfahren, welche Pflanzenart konkurrenzfähig ist, welcher jahreszeitliche Rhytmus die Pflanzengesellschaft in ihrer Zusammensetzung beeinflußt, welche Auswirkung die Standortbedingungen ausüben u.a.m.

Die Aufnahme eines Pflanzenbestandes im Dauerquadrat erfolgt am besten mit Vegetationsaufnahmen (Deckungsgrad, Einzelindividuen auszählen) und dazu einer Vegetationskarte, d.h. die ebene räumliche Verteilung der Arten im Quadrat wird skizziert. Mehrere solcher Karten ergeben wichtiges Daten-

material für eine spätere Auswertung über jahreszeitliche Schwankungen im Bestand.

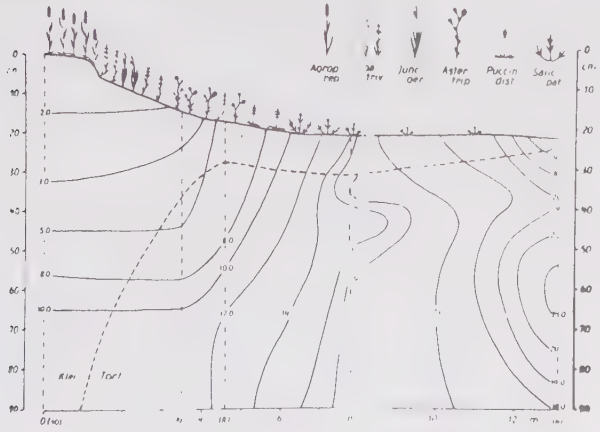
Der Einsatz von Dauerquadratuntersuchungen ist besonders angebracht, wenn man die Wirkung mechanischer Faktoren (Mahd, Tritt, Verbiß) auf Pflanzengesellschaften untersuchen will. Neben der Einwirkung der Faktoren auf die nicht eingezäunte Gesellschaft sollte eine Fläche eingezäunt werden und sich ungestört entwickeln können; anhand solcher vergleichender Untersuchungen lassen sich Konkurrenzstärke u.a. herausarbeiten.

2.4.6.) Vegetationsprofile

Um die Verteilung und den Wechsel von Pflanzengesellschaften über einen größeren Geländeabschnitt zu ermitteln, kann man ein Vegetationsprofil legen, d.h. Einzelaufnahmen in regelmäßigen Abständen über eine größere Strecke (z.B. im Bergland von der Bergspitze ins Tal oder auf einer Insel vom Strand zum Watt). Die tabellarische Weiterverarbeitung der Einzelaufnahmen liefert die Pflanzengesellschaften, deren ökologische Analyse (s.S.) läßt Aussagen über die Verhältnisse am jeweiligen Standort zu. Auch die Vegetationsprofile lassen unterschiedliche Ausbildungen der Vegetation in Abhängigkeit vom Standort (meist ein oder zwei Faktoren) deutlich werden.

Schwierigkeiten im Vegetationsprofil treten beim Wechsel der Gesellschaften auf, da in diesem Fall keine Reinbestände auftreten, sondern Übergangsgesellschaften. Daher erfordert die Profilmethode eine gewisse pflanzensoziologische Erfahrung des Kursleiters/Lehrers.

Abb. 30: Beispiel für ein Vegetationsprofil (aus ELLENBERG 1963)



2.4.7.) Die pflanzenökologische Bearbeitung von Vegetationsaufnahmen

Eine andere Methode zur pflanzensoziologischen Bearbeitung von Waldbeständen ist von HOFMEISTER (1977) vorgeschlagen worden. In "Lebensraum Wald" hat HOFMEISTER die Pflanzenarten der Wälder nach ihren Zeigerwerten für Standortansprüche zu sogenannten "ökologischen Gruppen" zusammengefaßt und in Form eines Bestimmungsbuches mit Abbildungen und Zeigerwerten dargestellt. Diese Kombination von Bestimmungsbuch und Zeigerwertangabe sollte dem Bearbeiter die Einordnung des Bestandes in das pflanzensoziologische System erleichtern, weil die verschiedenen Waldgesellschaften durch bestimmte ökologische Gruppen des Unterwuchses gekennzeichnet werden. Hat man eine Pflanze gefunden (z.B. Heidelbeere = Vaccinium myrtillus), so sieht man nach, zu welcher ökologischen Gruppe sie gehört (im Beispiel: 7.Gruppe : Heidelbeer-Gruppe). Schlägt man nun die zugehörige Seite im Buch auf, sind hier und auf den folgenden Seiten charakteristische Pflanzen, die zur Heidelbeergruppe gehören, abgebildet und mit ihren Zeigerwerten dargestellt. Aus dem zugehörigen Text läßt sich ermitteln, daß die Pflanze der Heidelbeergruppe "in heidelbeerreichen Nadelwäldern, in bodensauren Eichenmisch- und Birkenbruchwäldern, in Hainsimsen-Buchenwaldgesellschaften sowie in Kiefern- und Fichtenforsten" vorkommt und dort "weit verbreitet" ist.

Zum Standort ist zu erfahren: "Bevorzugt nährstoff- und basenarme, mäßig trockene bis frische Böden, greift aber auch auf wechselfeuchte Standorte über; Zeiger für Rohhumus und Versauerung" (aus HOFMEISTER 1977, S. 40).

Die Zeigerwerte werden ebenfalls genannt (nach ELLENBERG 1974, verändert):

	Feuchte	Reaktion	Stickstoff	Licht	Lebensform	
Heidelbeere	x	2	3	5	Z	(Erläuterung S. 83)
Preiselbeere	4	2	2	5	Z	

Die Bearbeitung von Waldgesellschaften nach dieser Methode weist mehrere Vorteile auf :

1) das Buch stellt eine Kombination von Bestimmungsbuch und pflanzensoziologisch-standortkundlichen Angaben dar
2) sie erleichtert die systematische Einordnung des Bestandes
3) sie ermöglicht eine Aussage zu den Standortbedingungen
4) Pflanzen, die am Standort zusammen vorkommen, sind auch zusammen dargestellt, unabhängig von der botanischen Systematik, was die Bestimmung sehr erleichtert.

Nachteile:

1) sie ist nur für Waldgesellschaften einsetzbar
2) sie erfordert gewisse Pflanzenkenntnisse, da einige Arten zum leichteren Finden der Gruppen bekannt sein müssen.

Zur pflanzenökologischen Analyse anderer Pflanzenbestände vgl. Kap. 2.4.8.).

2.4.8.) Pflanzenökologische Bearbeitung von Vegetationsaufnahmen nach ELLENBERG

Die standortkundliche Bearbeitung von Pflanzengesellschaften hat in der Wissenschaft in den letzten Jahren sehr viele Grundkenntnisse erbracht, die von ELLENBERG 1974 erstmals synoptisch veröffentlicht wurden. Dabei versuchte ELLENBERG, den meisten höheren Pflanzen Mitteleuropas ökologische Zeigerwerte (relative Angaben"nach dem Schwergewicht des Auftretens im Gelände" (ELLENBERG 1974,S.9) zu den wichtigsten Standortbedingungen Feuchte, Bodenreaktion, Temperatur, Licht, Stickstoffgehalt im Boden) zuzuordnen. Die Zeigerwerte wurden auf Grund der sehr breiten empirischen Forschung erstellt, sie haben also einen direkten praktischen Bezug.

Zur Charakterisierung des Standortes wurde zu jedem Faktor eine zehnstufige Skala (Ziffern 1 – 10) zugrundegelegt und jeder Wert definiert. Bei der Zehnstufenskala ist jeweils der niedrigste Wert (=1) der minimale Faktor, der höchste Wert das andere Extrem.
Beispiel: Feuchtefaktor 1: trocken , 10 : naß
Stickstoff : 1 : N-arm , 9 : N-reich

Der Charakterisierung der Bestände liegen Pflanzenaufnahmen nach 2.4.1.) zugrunde. Jeder Standort dieser Pflanzenaufnahmen kann nun mit Hilfe der Zeigerwerte der einzelnen Arten ökologisch charakterisiert werden, ohne daß chemische Analysen durchgeführt werden; zur Stützung der biologischen Analyse sollten jedoch einige chemische Untersuchungen (s.Feldmethoden) im Gelände durchgeführt werden.

Am Beispiel von Tab. 31 sei die Methodik der ökologischen Auswertung verdeutlicht (dient gleichzeitig als Protokollvorschlag) und ein Vergleich auf Grund der Zeigerwerte dargestellt (nähere Durchführungsbestimmung bei ELLENBERG 1974).

Tabelle 31a: Ökologische Auswertung der Aufnahmen 4 und 6 aus Tab. 27

Art	DG	L	T	F	R	N	sonst.	L	T	F	R	N	sonst.	Fakt.
Puccinellia maritima	5	9	x	8=	7	8	III	45	x	40	35	40	15	5
Halimione portulacoides	3	9	6	7=	x	7	III	27	18	21	x	21	9	3
Aster tripolium	+	8	x	9=	x	7	II	4	x	4,5	x	3,5	1	0,5
Artemisia maritima	+	9	7	4	x	5	I	4,5	3,5	2	x	2,5	0,5	0,5
Limonium vulgare	3	9	7	6=	7	5	III	27	21	18	21	15	9	3
Armeria maritima	+	8	x	4	5	3	I	4	–	2	2,5	1,5	0,5	0,5
Suaeda maritima	3–4	8	6	8=	7	7	III	26	21	26	24,5	24,5	10,5	3,5
Summe:								137,5	63,5	113,5	83	108	45,5	16
L : Σ Fakt. = mL:								8,6	3,9	7,1	5,2	6,75	2,8	
T : Σ Fakt. = mT:									3,9					
F : Σ Fakt. = mF:										7,1				
R : Σ Fakt. = mR											5,2			
N : Σ Fakt. = mN												6,75		
sonst.: Σ Fakt. = mSalz													2,8	
Aufnahme Nr. 6														
Puccinellia maritima	4	9	x	8=	7	8	III	36	–	32	28	32	12	4
Halimione portulacoides	2	9	6	7=	x	7	III	18	12	14	–	14	6	2
Aster tripolium	+–1	8	x	9=	x	7	II	6	–	6,75	–	5,25	1,5	0,75
Artemisia maritima	r	9	7	4	x	5	I	0,9	0,7	0,4	–	0,5	0,1	0,1
Plantago maritima	+	8	x	7=	8	x	II	4	–	3,5	4	–	1	0,5
Limonium vulgare	2–3	9	7	6=	7	5	III	22,5	17,5	15	17,5	12,5	7,5	2,5
Armeria maritima	+	8	x	4	5	3	I	4	–	2	2,5	1,5	0,5	0,5
Honckenya peploides	+	9	x	6=	7	7	II	4,5	–	3	3,5	3,5	1	0,5
Summe:								95,9	30,2	76,65	55,5	69,25	29,6	10,85
L : Σ Fakt. = mL								8,8						
mT									2,78					
mF										7,6				
mR											5,1			
mN												6,4		
m Salz													2,7	

Tabelle 31 b: Ökologische Auswertung der Aufnahmen 4 und 6 aus Tab. 27 f

Art	Lf	B	Anat.	Soz.	DG	Lf	B	Anat.	Soz.
Puccinellia maritima	H	W	he,m	2.611	5	H:5	W:5	he,m:5	2.611:5
Halimione portulacoides	C	J	su,sk	2.612	3	C:3	J:3	su,sk:3	2.612:3
Aster tripolium	H,T	W	he,su	2.61	0,5	H,T:0,5	W:0,5	he,su:0,5	2.61:0,5
Artemisia maritima	C,H	J	sk	2.612	0,5	C,H:0,5	J:0,5	sk:0,5	2.612:0,5
Limonium vulgare	H	W	sk	2.612	3	H:3	W:3	sk:3	2.612:3
Armeria maritima	H	J	sk,su	x	0,5	H:0,5	J:0,5	sk,su:0,5	- :0,5
Suaeda maritima	T	S	su,he	2.412	3,5	T:3,5	S:3,5	su,he:3,5	2.412:3,5
Summe:	9	7	12		16	17	16	28,5	16
H = S / J / he	5	3	3			9,5	8,5	9	
C = 2 / J / su	2	3	4			3,5	4	7,5	
T = 2 / S / sk	2	1	4			4,0	3,5	7	
m			1					5	
Aufnahme 6									
Puccinellia maritima	H	W	he,m	2.611	4	4	4	4 4	2.611 4
Halimione portulacoides	C	J	su,sk	2.612	2	2	2	2 2	2.612 2
Aster tripolium	H,T	W	he,su	2.61	0,75	0,75/0,75	0,75	0,75/0,75	2.61 0,75
Artemisia maritima	C,H	J	sk	2.612	0,1	0,1/0,1	0,1	0,1	2.612 0,1
Plantago maritima	H	J	su,he	2.61	1,5	0,5	0,5	0,5/0,5	2.61 0,5
Limonium vulgare	H	W	sk	2.612	2,5	2,5	2,5	2,5	2.612 2,5
Armeria maritima	H	J	sk,su	x	0,5	0,5	0,5	0,5/0,5	x 0,5
Honckenya peploides	C,H	W	su,he	x	0,5	0,5/0,5	0,5	0,5/0,5	x 0,5
Summe:	11	8	14		10,85	10,2	10,85	10,1	10,85
H / J / he	7	5	8			8,85	8,35	9,75	
C / J / su	2	3	5			3,1	2,6	4,85	
T / S / sk	1	-	3			0,75	-	5,1	
/ / m	1	-	1			0,5	-	4	

Tabelle 31 c: Ergebnisse der ökologischen Auswertung

Ökologische Auswertung der Veg.-Aufnahme Nr. 4 vom X. 1976

Gesellschaft: Puccinellietum maritimae (Andel-Rasen)

Aufnahmeort: Wangerooge Boden: Sand und Schlick

1.) Ökologisches Verhalten

mL	8,6
mT	3,9
mF	7,1
mR	5,2
mN	6,75
m sonst.	2,8
F =	93,75 %
F	

2.) Lebensformen

H:	55,9 %
C:	20,6 %
T:	23,5 %
	%
Σ:	100 %
	%
	%
	%

3.) Blattausdauer

W =	53,125 %
J =	25 %
S =	21,875 %
Σ =	100 %

4.) Anatomie

he :	31,6 %
su :	26,3 %
sk :	24,6 %
m :	17,5 %
	%
Σ :	100 %

5.) Soziol. Verhalten

K: 2.4 = Queller-Wattfluren = 21,8 % 2.6 = 75 %

D: 2.41 = 21,8 % 2.61 = 75 %

V: 2.41 21,8 % 2.611 = 31,25 % 2.612 = 40,6 %

Ökologische Auswertung der Veg.-Aufnahme Nr. 6 vom X. 76

Gesellschaft: Puccinellietum maritimae

Aufnahmeort: Wangerooge Boden: Sand und Schlick

1.) Ökologisches Verhalten

mL	:	8,8
mT	:	2,78
mF	:	7,0
mR	:	5,1
mN	:	6,4
m sonst.	:	2,7
F =	:	94,47 %
F ~	:	-

2.) Lebensformen

H	:	72,60 %
C	:	17,2 %
T	:	6,1 %
G	:	4,1 %
		%
		%
Σ	:	100 %

3.) Blattausdauer

W	:	76,0 %
J	:	24,0 %
S	:	- %
Σ	:	100 %

4.) Anatomie

he	:	30,1 %
su	:	22,3 %
sk	:	26,7 %
m	:	20,9 %
		%
Σ	:	100 %

5.) Soziolog. Verhalten

K : 2.6 : 90,78 %

O : 2.61 : 90,78 %

V : 2.611 : 36,86 % 2.612 : 42,4 %

Ass.:

Vergleich: Aufnahme 4	6
mL	8,6	8,8
mT	3,9	2,8
mF	7,1	7,0
mR	5,2	5,1
mN	6,75	6,4
mSalz	2,8	2,7
F =	93,75%	94,5%

Geringfügige Verschiebung des Bodensalzgehaltes (Salzzahl 2,8 - 2,7) und des Nährstoffangebotes (mN) rufen Veränderungen der Vegetation hervor.

Beide Standorte sind staunaß! (F =)

Zeichenerklärung zur Tabelle: Ökologische Analyse (nach ELLENBERG 1975, S. 10 - 13; S. 22/23)

L = Lichtzahl: "kennzeichnet den Bereich des Vorkommens im Gefälle der relativen Beleuchtungsstärke". Sie gibt Angaben über die Fähigkeit der Pflanzenarten, Beschattung zu ertragen.

Es bedeuten:

1 = Tiefschattenpflanze; noch bei weniger als 1 % relativer Beleuchtung, selten bei mehr als 30 % relativer Beleuchtung vorkommend
3 = Schattenpflanze (meist < 5 % relativer Beleuchtung, selten an helleren Stellen
5 = Halbschattenpflanze (selten im vollen Licht, meist > 10 % relativer Beleuchtung
7 = Halblichtpflanze (meist bei vollem Licht, auch im Schatten vorkommend)
9 = Vollichtpflanze (an voll beleuchteten Plätzen, selten bei weniger als 50 % relativer Beleuchtung)

Nicht aufgeführte Ziffern bilden Mittelstellungen (z.B. 2 = zwischen 1 und 3)

T = Temperaturzahl: eigentlich: Wärmefaktor in arealgeographischer Sicht: "Vorkommen im Wärmegefälle von der mediterranen zur arktischen Zone bzw. vom Tiefland zur alpinen Stufe" (ELLENBERG, S. 22)

Es bedeuten:

1 = Kältezeiger (alpine Arten)
3 = Kühlezeiger (hochmontane Arten)
5 = Mäßigwärmezeiger (tiefe bis hochmontane Lagen)
7 = Wärmezeiger (im nördlichen Mitteleuropa nur in Tieflagen
9 = extreme Wärmezeiger (bevorzugt mediterrane Arten)

F = Feuchtezahl: "Vorkommen im Gefälle der Bodenfeuchtigkeit vom flachgründig-trockenen Felshang (F = 1) bis zum Sumpfboden (F = 10) sowie vom flachen zum tiefen Wasser (F = 11 und 12)" (S. 23)

Es bedeuten:

1 = Starktrockniszeiger
3 = Trockniszeiger (fehlen auf feuchten Böden)
5 = Frischezeiger (auf mittelfeuchten Böden)
7 = Feuchtzeiger (auf gut durchfeuchteten Böden)
9 = Nässezeiger (auf durchnäßten,luftarmen Böden)
10 = Wechselwasserzeiger
11 = Wasserpflanze, die unter Wasser wurzelt, aber die Oberfläche (zeitweise) überragt
12 = Unterwasserpflanze

(zur Begriffsklärung: vgl. Tabelle 13)

R = Reaktionszahl: "Vorkommen im Gefälle der Bodenreaktion und des Kalkgehaltes" S. 23

Es bedeuten:

1 = Starksäurezeiger
3 = Säurezeiger
5 = Mäßigsäurezeiger
7 = Schwachsäure- bis Schwachbasenzeiger
9 = Basen- und Kalkzeiger

(zur Begriffsklärung: vgl. Tabelle 12)

N = Stickstoffzahl: "Vorkommen im Gefälle der Mineralstickstoff-Versorgung während der Vegetationszeit" S. 23

Es bedeuten:

1 = Stickstoffärmste Standorte besiedelnd
3 = stickstoffarme Standorte
5 = mäßig stickstoffreiche Standorte
7 = stickstoffreiche Standorte
9 = übermäßig stickstoffreiche Standorte, Verschmutzungszeiger

(Zur Begriffsklärung: der Stickstoffgehalt ist abhängig vom Feinanteil des Bodens (Tabelle 7), von der Art (Tabelle 8 und 10) und der Menge (Tabelle 9) der Humusbestandteile)

sonst= sonstiges: hier: Salzgehalt: "Vorkommen im Gefälle des Salzgehaltes in der Bodenlösung bzw. im Wasser" S. 24

Es bedeuten:

I = salzertragend
II = meist salzzeigend
III = stets salzzeigend

Fakt = Verrechnungsfaktor, d.h. Deckungsgrad

LF = Lebensformen (nach RAUNKIER) nach der Überwinterung der Pflanzen werden unterschieden:

P = Phanerophyt (Baum ≥ 5 m Höhe)

N = Nanophanerophyt (Strauch)

Z = holziger Chamaephyt ≙ Zwergstrauch

C = krautiger Chamaephyt

H = Hemikryptophyt

G = Geophyt

T = Therophyt

B = Blattausdauer: I = immergrün
W = überwintern grün
S = sommergrün

Anat. = Blattanatomie im Hinblick auf Wasserhaushalt und Gaswechsel

hd = hydromorph (Wasserpflanze)
he = helomorph (Sumpfpflanze)
hy = hydromorph (Feuchtpflanzen)
m = mesomorph (ohne Besonderheiten)
sk = skleromorph (= xeromorph: Trockenpflanzen)
su = blattsukkulent (wasserspeichernde Pflanzen)

Soz. = Soziologisches Verhalten: Gesellschafts-Einheiten, für die die betreffende Art als Charakterart gelten darf:

1. Ziffer: Gruppe 2. Ziffer: Klasse 3. Ziffer: Ordnung
4. Ziffer: Verband 5. Ziffer: Unterverband
x = keine eindeutige Charakterart

Ø DG = Durchschnittlicher (= mittlerer) Deckungsgrad: bei mehreren zusammengefaßten Aufnahmen zu berechnen, ansonsten bei Einzelaufnahmen: der Deckungsgrad nach Aufnahme

Blatt II: Ökologische Auswertung

mL = mittlere Lichtzahl
mT = mittlere Temperaturzahl
mF = mittlere Feuchtezahl
mR = mittlere Reaktionszahl
mN = mittlere Stickstoffzahl
m sonst= mittlere Salzzahl
F= : Staunässeanzeige (in %) oder Überschwemmungszeiger
F~ : Wechselfeuchtezeiger (in %) (z.B. Wechseltrocknis 3~ oder Wechselnässe 9~)

Die eigentliche Auswertung wird wie folgt durchgeführt:

In Blatt I werden die Arten mit ihren Deckungsgraden untereinander eingetragen. Anschließend werden die entsprechenden Zeigerwerte nach ELLENBERG für jede Art herausgesucht und in die Spalten "L" bis "sonst" (erste Serie) eingetragen. Nun wird jeder Zeigerwert mit dem Deckungsgrad multipliziert (Umrechnung s. Tabelle 32) und in die zweite Spaltenserie eingetragen. Am Schluß werden Summen gebildet und die Summen aller Zeigerwerte werden zwecks Mittelwertbildung durch die Summe der Deckungsgrade dividiert. Dies ergibt dann die "mittleren Zeigerwerte".

Tabelle 32: Umrechnungsfaktoren nach ELLENBERG 1974 (verändert)

Deckungsgrad	Verrechnungsfaktor
5	5
4	4
3	3
2	2
1	1
+	0,5
r	0,1

Dieses Mittelungsverfahren berücksichtigt die Zeigerfunktion der Einzelart in Abhängigkeit vom Deckungsgrad und die Zeigerfunktion aller im Bestand gefundenen Pflanzen. Erst durch die Mittelung der Ergebnisse erhält man relative, den Standortbedingungen adäquate Aussagen. Mit Hilfe dieses biologischen Verfahrens lassen sich leicht recht exakte Differenzierungen am Standort treffen, wenn man berücksichtigt, daß die Vegetation die Bedingungen eines längeren Zeitraums unter bestimmten Standortbedingungen wiederspiegelt, während physikalisch-chemische Messungen nur eine punktuelle Erfassung ermöglichen, die eine Momentaussage zulassen. Sie sollen aber die biologische Aussage unterstützen.

Bei der Berechnung der Zeigerwerte treten wenig Schwierigkeiten auf. Komplizierter wird die Berechnung auf Blatt II, wobei für den Unterrichtseinsatz nur die Spalte "Soziologisches Verhalten" benutzt werden soll, für Kurse an Hochschulen oder der Lehrerfortbildung sollte die Berechnung der Lebensformanteile, Blattausdauer und Anatomie durchgeführt werden, da sie die vorher ermittelten Werte teilweise ergänzen bzw. untermauern und man gleichzeitig die Anpassungen der Vegetation an bestimmte Standortbedingungen erarbeiten kann.

Zur Berechnung der verschiedenen Spektren werden zunächst wieder die Arten mit ihren Deckungsgraden eingetragen. Dann werden die entsprechenden Angaben zur LF, B, Anat. und soziol. Verhalten nach ELLENBERG herausgesucht und in den 1. Spaltenteil eingetragen. Sind bei einer Art mehrere Angaben zu finden, werden diese ebenfalls eingetragen und bei der folgenden Berechnung berücksichtigt. Die Mengenanteile der Arten gehen auch in diese Berechnung ein. Zunächst werden die verschiedenen Summen für die LF, B, Anat. gebildet (als Faktor wird "DG" eingesetzt, vgl. auch Beispiel in Tab. 31b) und anschließend wird der %-Anteil der einzelnen Formen berechnet (doppelte Angaben = doppelte Werte), wobei im Divisor die "mehrfachen" Arten enthalten sind.

Beim soziologischen Verhalten geht man anders vor :

zunächst wird der Gesamtanteil (%) an den Klassen berechnet (1.u.2. Ziffer), dann die %-Anteile der Ordnungen, Verbände und ggf. Unterverbände. Als Bestandscharakteristik-Einheit wird die Klasse (Ordnung/Verband) angesehen, die den höchsten %-Anteil vertritt. Sind zwei Klassen (Ordnungen/Verbände) etwa gleich stark vertreten, liegt eine Übergangsgesellschaft vor, die sich aus Komponenten beider Klassen (Ordnungen/Verbände) zusammensetzt.

Auf diese Weise werden evtl. eingesprengte einzelne Arten berücksichtigt und aus der Charakterisierung gleichzeitig eliminiert. Ein z.T. recht objektives und einfaches Verfahren, eine Vegetationsaufnahme einer pflanzensoziologischen Systematikkategorie zuzuordnen.

2.5.) Darstellung der Ergebnisse

Um die Ergebnisse standortkundlicher Untersuchungen übersichtlich und anschaulich darzustellen, bieten sich je nach Altersstufe und Fragestellung der Untersuchung verschiedene Möglichkeiten an.

2.5.1.) Tabellen

Wie bereits auf S. 72 erörtert, ist es üblich, mehrere Einzelvegetationsaufnahmen zu einer Übersichtstabelle zusammenzufassen, aus der sich dann einzelne Vegetationseinheiten und Unterschiede zwischen diesen Einheiten besser oder leichter erkennen bzw. herausarbeiten lassen.
Die vegetationskundliche Tabellenarbeit setzt Abstraktionsvermögen voraus und ist daher für ältere oder geübte Schüler/Studenten geeignet. Für jüngere Schüler bietet sich die direkte Kartierung (S.91) an.

Nicht nur die Vegetationsaufnahmen werden in Tabellen dargestellt, sondern auch die Ergebnisse der standortkundlichen physikalisch-chemisch-klimatologischen Messungen. Die Anfertigung von Tabellen ist eine notwendige Voraussetzung zur Erstellung von Diagrammen, die die Auswertung der Tabellen erleichtern. Obwohl die Tabellen teilweise schwierig zu interpretieren sind, stellen sie das Datenmaterial platzsparend und zusammenfassend dar und bilden den Grundstock für die weitere Bearbeitung (Nachschlagemöglichkeit), da in ihnen die genauen Werte jeder Einzeluntersuchung enthalten sind.

Beispiele für Tabellen:

Rohaufnahmetabelle, Stetigkeitstabelle, Differenzierungstabelle, klimatologische Tabelle, physikalisch-chemische Tabelle.

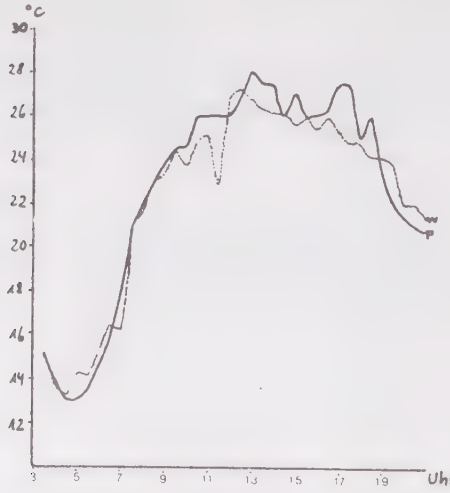
2.5.2.) Diagramme

Die Diagramme stellen graphische Hilfsmittel zur Auswertung der Tabellen dar. In Diagrammen werden quantitative Ergebnisse zusammengefaßt zu vereinfachten, überschaubaren Kurven o.ä., aus deren Verlauf man leichter Schlüsse über Zusammenhänge ziehen kann.

Als Diagrammformen sind möglich bzw. üblich:

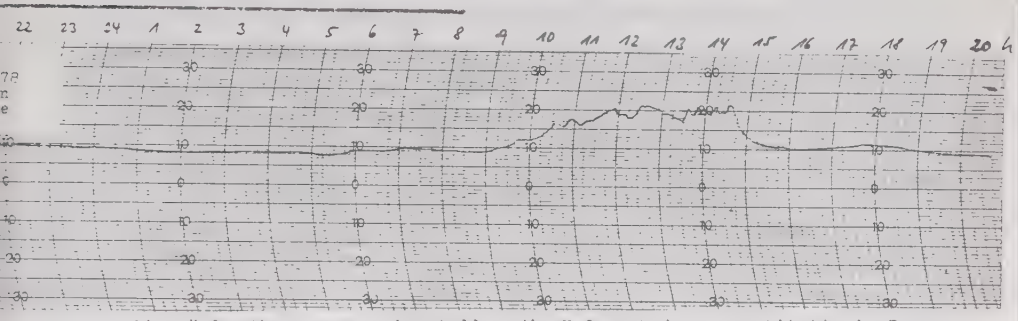
die Kurve (die Verlaufskurve, der Graph) - sie hat den Nachteil, daß man geneigt ist, punktuelle Meßergebnisse zu verbinden und als kontinuierliche Kurve (Verlauf) anzusehen.

Abb. 31a: Temperaturverlaufskurve



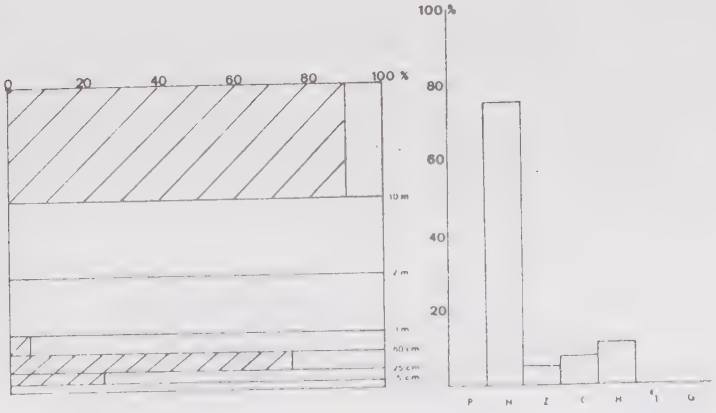
Die Schreiberkurve – sie spiegelt mit bestimmter Fehlergrenze die wahren Verhältnisse wieder (kontinuierliche Aufzeichnung, Abb. 31b).

Abb. 31b: Tageslauf der Temperatur (Schreiberdiagramm)



Die Säulendiagramme – sie stellen die Meßergebnisse quantitativ in Form von Einzelsäulen dar, wobei der punktuelle Charakter der Messung erhalten bleibt (keine regelrechte Kurve, die kontinuierliche Messung vortäuscht). Häufige Verwendung finden diese bei Waldschichtungen und bei Lebensformenspektren (Abb. 32).

Abb. 32: Säulendiagramme Waldschichtung – Lebensformenspektrum



2.5.3 Profile

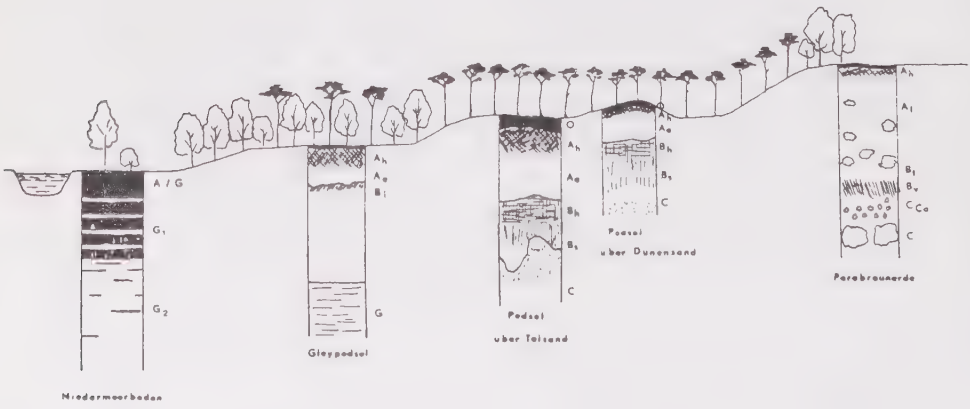
Die Darstellung der Untersuchungsergebnisse in Form des Profils wird häufig dann Verwendung finden, wenn man die Abbildung (Zeichnung) als Hilfsmittel zur Darstellung wählt oder wenn eine Reihe von Untersuchungen über einen breiteren Raum durchgeführt werden, wobei mehrere Vegetations-Einheiten angetroffen werden (sog. Catena = Geländeschnitt). Aus dem Profil lassen sich dann Übergänge von einer zur anderen Gesellschaft oder Veränderungen der Standorte leicht verdeutlichen.

Im oberen Bereich des Profils stellt man die Vegetation dar - im unteren ("unterirdischen") Teil stellt man an den Meßpunkten die Bodenverhältnisse (z.B. Bodenprofile) dar.

In der Literatur finden Profile häufig Verwendung zur Verdeutlichung der wechselseitigen Abhängigkeit zwischen Boden und Pflanze oder z.B. auch Hangneigung/Exposition und Pflanzendecke. Die Einzeluntersuchungen werden in ein solches Profil eingetragen und ergeben als Ganzes erst ein interpretierfähiges Bild.

Für den Schulgebrauch sei die Profildarstellung auf jeden Fall bevorzugt, da sie sehr anschaulich ist. (Sie verlangt natürlich zeichnerisches oder "darstellerisches" Talent).

Abb.: 33: Beispiel für eine Catena (nach GANSSEN/HÄDRICH 1965)



2.5.4 Karten

Im Gegensatz zum Profil, das einen vertikalen Schnitt durch die Pflanzengesellschaft darstellt, entspricht der Karte eine horizontale Darstellung (senkrechte Projektion) der Vegetation oder Vegetationseinheiten.

Bezüglich der Karte als Darstellungsmittel werden je nach Aufgabenstellung verschiedene Karten unterschieden:

a) Großräumige Vegetations- oder Bodenkarten
b) Kleinräumige Vegetations- oder Bodenkarten
c) Standortbezogene Klima- oder Vegetationskarten

2.5.4.1 Großräumige Vegetations- oder Bodenkarten

Die großräumigen Karten mit Maßstäben über 1:100000 sind geeignet, sich einen Überblick über die nicht-meßbaren Klimabedingungen, Bodenbedingungen u.a. im Untersuchungsgebiet zu verschaffen und sollten nur zur Vorbereitung von Untersuchungen herangezogen werden (z.B. Klimakarte, Bodenkarte, Vegetationskarte, sofern vorhanden).

2.5.4.2 Kleinräumige Vegetations- oder Bodenkarten

Diese Karten mit Maßstäben um 1:5000 (das ist die Größe der Grundkarten) oder 1:10000 (bis 1:25000) sind für die eigentliche Kartierungsarbeit und zur Orientierung geeignet. In ihnen können Höhenlinien, Hanglagen, größere Vegetations-Einheiten, u.U. auch Bodenbedingungen, trigonometrische Punkte u.a.m. mit ziemlicher Genauigkeit erfaßt werden; evtl. können diese Karten auch für die vegetationskundliche Kartierung herangezogen werden, indem sie farbig ausgelegt werden.

2.5.4.3 Standortbezogene Karten

Die standortbezogene Karte sollte den Maßstab 1:5000 (oder kleiner) haben und muß selbst angefertigt werden, da sie sich auf die Untersuchungsfläche mit der näheren Umgebung bezieht. Die standortbezogene Karte kann sogar eine Vegetationskarte eines Untersuchungsquadrates darstellen.

Die Standortkarte stellt die eigentliche Grundlage für die Geländearbeit dar. In ihr werden die Klimameßpunkte, Quadrate, Bodenprofile, Bodenprobestellen

eingetragen (vermerkt) und für spätere Auswertungszwecke gespeichert. Weitere Karten oder Detailkarten werden von den Kursteilnehmern bearbeitet und später in die Grundkarte übertragen.

Bei speziellen Untersuchungen der Lichtverhältnisse im Wald (Lichtkartierung) ist die Eigenherstellung von Detailkarten unumgänglich. Es müssen zwei Karten angefertigt werden - die Vegetationskarte (d.h. in der Aufnahmefläche werden die Pflanzenbestände ermittelt und in die maßstäbliche Karte übertragen) und dazu dann die entsprechende Lichtkarte. Dazu wird ein 1 qm-Netz über die gesamte Untersuchungsfläche gespannt und an jedem Quadratschnittpunkt das Licht gemessen; außerhalb des Bestandes (Waldes) ermittelt eine Gruppe die 100 %-Einstrahlung als Bezugsgröße. Später werden die Vegetationskarte und die fertiggestellte (interpolierte) Lichtkarte (möglichst über eine Folie) ausgewertet, d.h. man ermittelt das Vorkommen der einzelnen Arten in den Zonen bestimmter Helligkeit (Abb. 34 und 35). Andere Standortkarten zeigen die Verteilung von Pflanzen z.B. in einem Dauerquadrat (evtl. dazu Klimadiagramme) und lassen nach der Auswertung den jahreszeitlichen Wechsel erkennen.

Als Beispiele werden hier angeführt (Abb. 34 und 35):

eine Vegetationskarte und eine Lichtkarte eines Buchenwald-Standortes (Bodenvegetation) als standortbezogene Karten.

Die Lichtkarte zeigt Linien gleicher Lichtintensität nach folgender Legende:

LI 1 ≙ < 1 % Lichtgenuß
LI 2 ≙ 1 - 1,5 % Lichtgenuß
LI 3 ≙ 1,5 - 2 % Lichtgenuß
LI 4 ≙ 2 - 3 % Lichtgenuß
LI 5 ≙ 3 - 4 % Lichtgenuß

Die Linien gleicher Lichtintensität wurden durch Interpolation der 100 Meßwerte auf die o.g. Prozentwerte ermittelt.

Abb. 34: Lichtkarte eines Buchenwaldstandortes; Lichtzonen in % durchfallendem Licht

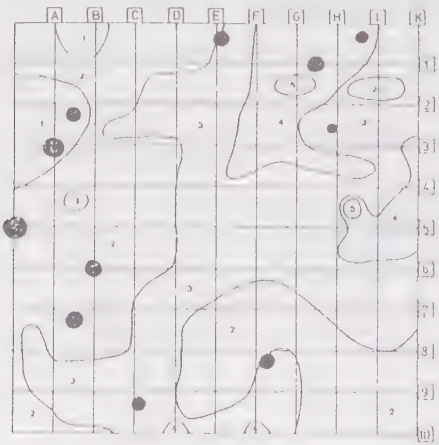


Abb. 35: Vegetationskarte zu Abb. 34

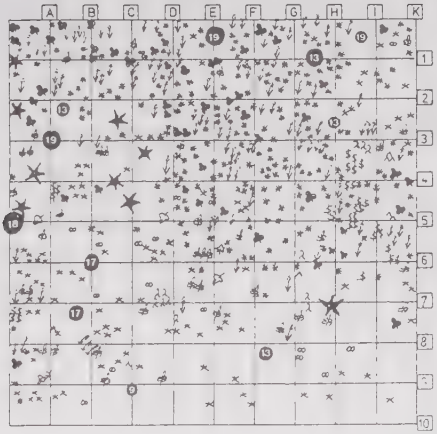
Datum: 24.6.77 Standort: Theiningsen/Möhnesee

☐ Lichtkarte Nr. Bearbeiter: Simbrey

☒ Veg-Karte Nr.: 19 Exposition: Neigung:

Artenschlüssel:

1=	Holunder (K)	8=	–	15=	Goldnessel
2=	Brombeere	9=	Feldahorn	16=	–
3=	Buschwindrösch.	10=	–	17=	Hainbuche (K)
4=	Waldveilchen	11=	Flattergras	18=	Stieleiche
5=	Sauerklee	12=	Viel.Weißw.	19=	Haselnuß
6=	Waldgeißblatt	13=	Sandbirke	20=	
7=	Frauenfarn	14=	Weißdorn	21=	



2.5.5 Sonstige Ergebnis-Darstellungsmethoden

Neben den aufgezeigten Methoden zur Dars'ellung der Ergebnisse erscheint es ratsam, noch einige Punkte zu erwähnen.

2.5.5.1 Das Herbar

Die kartierten/aufgenommenen Pflanzenarten sollten in mindestens einem Exemplar (außer geschützten und gefährdeten Pflanzen) zwecks späterer Überprüfung in einem Belgherbar gesammelt werden. Diese gepreßten und trockenen Pflanzen lassen sich nach eigener Erfahrung sehr gut auf Pappbögen vom Format DIN A 4 mit Selbstklebefilm (Breite: 15 cm) dauerhaft herbarisieren. Gegenüber dem herkömmlichen Herbar (Lose-Blatt-Sammlung mit Einzelpflanzen) hat dieses "Dauer-Herbar" den Vorteil, daß die Pflanzen für Kurs-/Unterrichtszwecke, ohne Schaden zu erleiden, eingesetzt werden können. Sie sind durch die Folie vor äußerer Einwirkung (Bruch durch Schadinsekten) weitgehend geschützt. Ihre Unterbringung erfolgt zweckmäßigerweise in Standordnern. Eine Fotographie der Untersuchungsfläche kann sich ebenso als nützlich erweisen zur Dokumentation des Bestandes am Aufnahmetag. Auf dem Foto können physiognomische Eindrücke des gesamten Bestandes festgehalten werden.

2.5.5.2 Konservierung bearbeiteter Bodenproben

Die evtl. entnommenen und aufbereiteten (gesiebten) Bodenproben können in kleinen Probegläsern abgewogen und nach den Korngrößen geordnet zu einer Art Korngrößenprofil aufgestellt werden, was neben einer Zeichnung oder einem Bodenprofil (Abzug bzw. Abnahme s.S.) einen guten Überblick über die Zusammensetzung des Bodens gibt. Wichtig ist nur, daß der Inhalt der Gläschen die Mengenverhältnisse der einzelnen Fraktionen verdeutlicht (Abb. 36).

2.5.5.3 Speicherung von Daten

Für die Arbeit in Kursen an Hochschulen hat es sich bewährt, Daten von Standortuntersuchungen und Pflanzenaufnahmen auf Lochkarten zu speichern. Dazu wird die Randlochkarte Nr. 12016 von der Firma EKAHA benutzt.

Auf einer solchen Karte (Format DIN A 5) werden bestimmte Sektoren für pflanzen-soziologische Termini vorgesehen, andere Sektoren werden für verschiedene Standortfaktoren benutzt (Abb. 37).

Abb. 36: Bodenprofil und Bodenzusammensetzung eines Podsol-Profiles

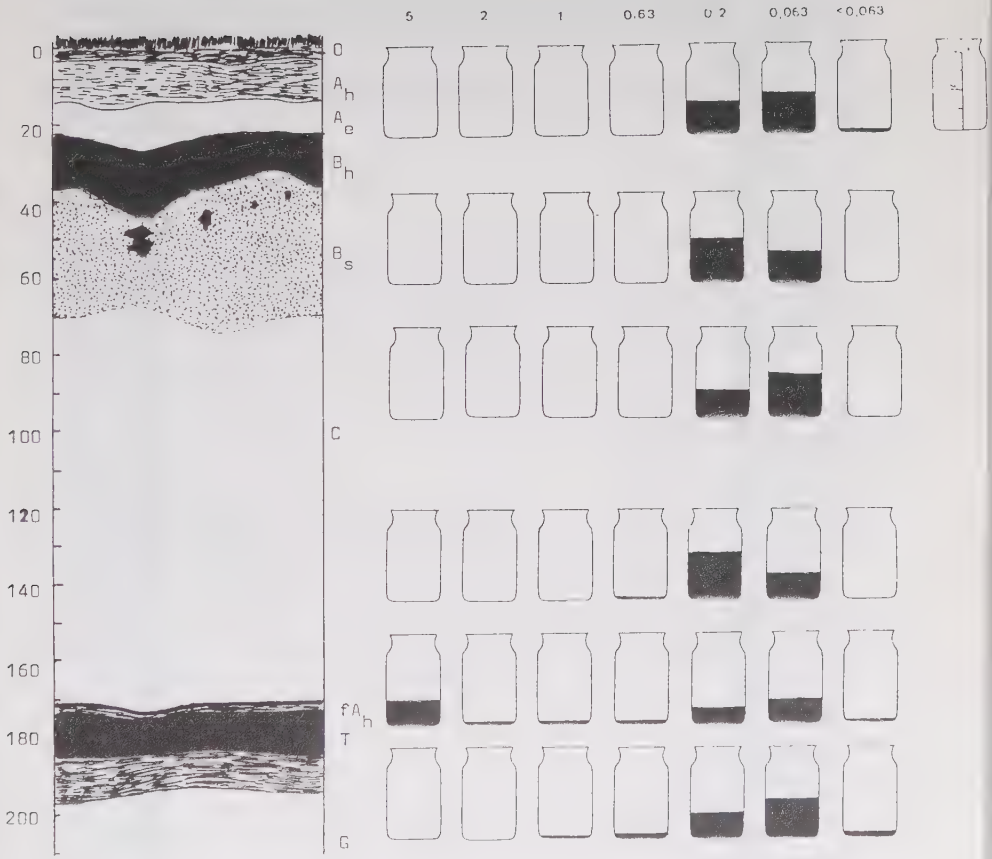
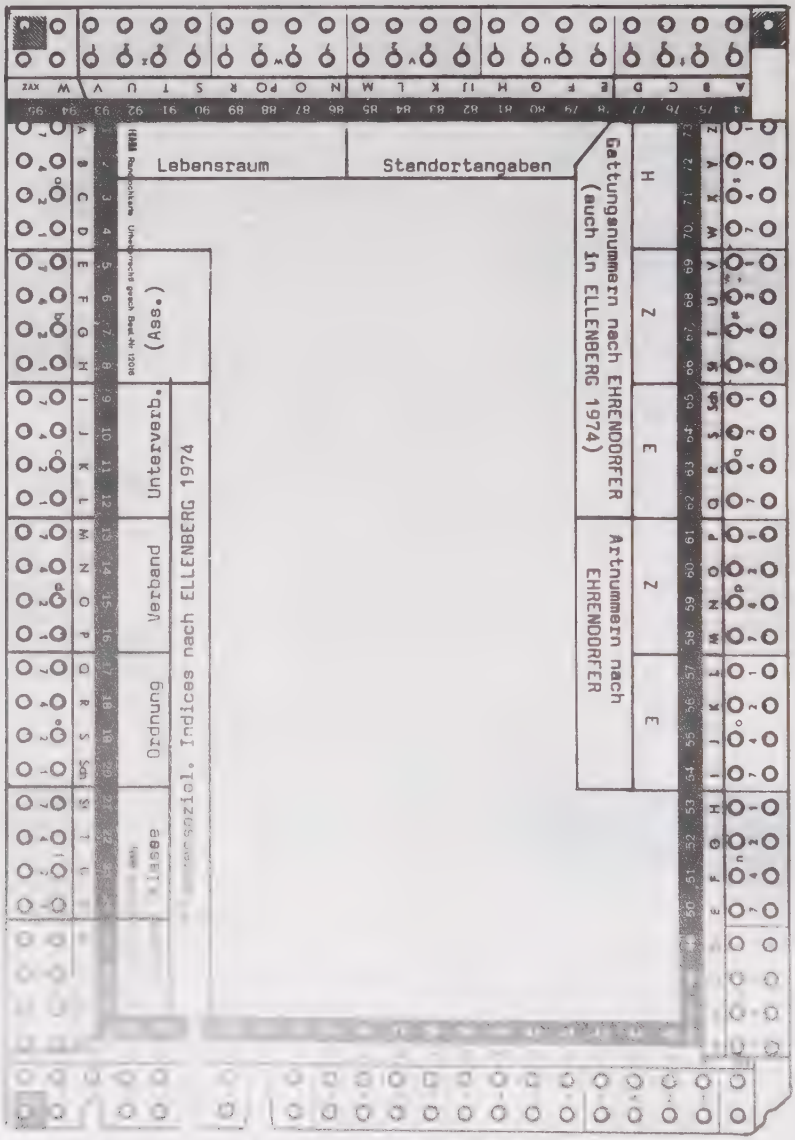


Abb. 37: Randlochkarte für standortkundliche Untersuchungen



Diese Randlochkarte kann ebenfalls zur Ermittlung der Vegetationseinheiten benutzt werden. Die Einsatzmöglichkeiten solcher Randlochkarten sind ziemlich breit gestreut, da sich sehr viele Einzeldaten speichern lassen. Näheres hierzu ist bei SCHEELE (1959) beschrieben.

Die Benutzungstechnik beruht darin, daß bestimmte Felder mit bestimmten Nummern versehen sind und jede Nummer zu einer Doppelreihe ausgestanzter Löcher gehört. Mit einer zugehörigen Zange kann man nun entweder das äußere Loch "ausschneiden" (es entsteht eine flache Kerbe) oder das innere Loch "ausschneiden" (es entsteht eine tiefe Kerbe).
Mit Hilfe von Stricknadeln kann man nun aus einem Verband von ca. 100 oder mehr Karten durch entsprechendes Stecken der Nadeln in bestimmte Löcher rasch definierte Karten aus dem Stapel herausfallen lassen.
Die einzigen Umständlichkeiten sind die Erstellung eines Schlüssels und die Decodierung bzw. Codierung der Informationen.

2.6.) Zusammenfassung

Der vorliegende Methodenteil erscheint auf den ersten Blick sehr umfangreich, jedoch hat die Praxis gezeigt, daß die größten Schwierigkeiten bei standortkundlichen Untersuchungen meist darin bestehen, daß man die verschiedensten Methoden nicht alle verfügbar hat. Jedes Fachbuch der Bodenkunde zum Beispiel befaßt sich zwar mit den Methoden der Bodenuntersuchung, läßt jedoch die Methoden der Klimatologie, Geodäsie und Vegetationskunde weitgehend außer acht.

Zum anderen soll hiermit ein Spektrum an Methoden angeboten werden, aus dem sich jeder nach Bedarf die ihm geeignet erscheinenden Methoden herausgreifen kann.

Zusammenfassend sei gesagt, die Methoden werden im praktischen Teil nicht mehr weiterhin beschrieben, sondern es werden exemplarische Untersuchungen an verschiedenen Pflanzenstandorten vorgestellt, bei denen die vorgestellten Methoden ausnahmslos angewandt wurden. Die dargestellten Beispiele können als Anregungen für Kurs- oder Unterrichtszwecke an Hochschulen und Schulen (S II und S I, u,U, auch bereits Primarstufe Klasse 3 und 4) gelten und den interessierten Lehrer anregen, ebenfalls ähnliche Untersuchungen im Gelände durchzuführen, da die Geländearbeit im modernen Biologieunterricht leider nur selten durchgeführt wird.

II.) Spezieller Teil :

Exemplarische Untersuchungen verschiedener Lebensräume

1.) Sachliche Vorüberlegungen

Die Erdoberfläche wird häufig physiognomisch bestimmt durch die Vegetation. Bei einem Wechsel der Vegetation ändert sich der Eindruck der Landschaft - meist sind aber auch die Standortverhältnisse andere geworden. Die bekannteste Einteilung der Erde in bestimmte Vegetatioszonen ist die nach dem Großklima; nach dem vorherrschenden Großklima kann man die Erdoberfläche in bestimmte Vegetationsformen untergliedern (laubabwerfende Wälder, immergrüne Wälder, tropische Regenwälder, Steppen etc.). Die ausgebildeten Vegetationsformen spiegeln dementsprechend die vorhandenen Standortsfaktoren wieder.

Jede Pflanzenart stellt bestimmte Ansprüche an ihre Umwelt, d.h. also an ihren Standort, die sich von den Ansprüchen anderer Arten mehr oder weniger deutlich unterscheiden. Aus dieser Tatsache erklärt sich das Auftreten verschiedener Pflanzenarten an verschiedenen Orten der Erdoberfläche. Dennoch können mehrere lokal weit auseinandergelegene Standorte gleiche Bedingungen bieten und dementsprechend eine gleiche Vegetation zeigen.

Da an einem Standort unter natürlichen Bedingungen eine Pflanzenart nicht allein vorkommt, sondern jede Vegetationsform sich aus vielen Arten zusammensetzt, bilden sich charakteristische Vergesellschaftungen von Pflanzen, die alle ähnliche oder gleiche Ansprüche an den Standort stellen und durch ihr Vorkommen die vorliegenden Standortbedingungen anzeigen.

Zur Kennzeichnung eines Lebensraumes eignet sich die botanische Analyse aus folgenden Gründen :

1) sie ist zeitsparend
2) sie liefert Langzeiterrgebnisse (Gegensatz: chemische Untersuchungen)
3) sie ist im Gegensatz zur tierischen Besiedelung weniger variabel.

Voraussetzung zur biologischen (botanischen) Analyse ist allerdings die Kenntnis der Indikatorfunktion von bestimmten Pflanzenarten bzw. Pflanzengesellschaften, die sich bei der wissenschaftlichen Erforschung der Ökosysteme, Biotope und zugehörigen Biozönosen ergeben haben. Auf Grund dieser Forschung ist man heute in der Lage, an einem vorgegebenen Standort die natürliche Vegetation, die sich hier entwickeln wird, vorherzusagen bzw. im Kehrschluß aus einer vorgegebenen Vegetationsform (Pflanzengesellschaft) auszusagen, welche Standortbedingungen hier vorliegen. Eine Veränderung der Standortverhältnisse durch menschliche Eingriffe (z.B. Änderung der Wasserversorgung des Bodens) lassen sich sehr bald an der Vegetation erkennen (durch Veränderung der Gesellschaften).

Da jede Pflanzenart ihre spezifischen Standortansprüche hat, kann man die meisten Pflanzenarten als Indikatorpflanzen benutzen (z.B. die Brennessel als Stickstoffanzeiger oder die Heidelbeere als Säureanzeiger u.s.w.). Besser und aussagekräftiger ist jedoch eine vorhandene Artengruppe, bei der die Standortansprüche aller Arten ähnlich sind. In der Literatur sind die-

se Artengruppen als "ökologische Gruppen" geführt (ELLENBERG 1950 und im Anhang).

Neben der Zeigerfunktion der Pflanzen durch bestimmte charakteristische Werte kann auch eine morphologische Einstufung der Pflanzen durch ihre Blattform gemacht werden, die ihrerseits wieder Rückschlüsse auf den Standort ermöglichen, z.B. die Feuchtpflanzen mit großen, zarten Blättern zeigen hohe Luft- oder Bodenfeuchte an im Gegensatz dazu die Trokkenpflanzen (Xerophyten) mit kleinen, runden, festen oder fleischigen Blättern zeigen trockene Luft oder trockenen Boden an.

Weiterhin kann die Lebensform der Pflanze ebenfalls Schlüsse auf Standortfaktoren ermöglichen: extreme Standorte (z.B. sehr trocken) werden besiedelt von einjährigen Pflanzen (Therophyten) und von "Zwiebelpflanzen" (Geophyten), bei denen die Überdauerungsphase ein Same oder ein unterirdisches Speicherorgan darstellt, während klimatisch gesehen gemäßigte Standorte von mehrjährigen Pflanzen (Chamaephyten, Hemikryptophyten etc.) besiedelt werden.

Zum "Gesellschaftsvorkommen" der Pflanzen soll noch vorweggeschickt werden, daß der Begriff "Pflanzengesellschaft" sehr allgemein und verschiedem dimensioniert verwandt wird. Die Pflanzengesellschaft im eigentlichen Sinne bildet die ASSOZIATION (Grundeinheit der pflanzensoziologischen Systematik). Die Assoziation ist die kleinste Einheit von Pflanzenbeständen mit weitgehend einheitlicher Arten- und Individuenzusammensetzung. Die Assoziation enthält bestimmte, charakteristische Arten (sog. Assoziationscharakterarten), die leider teilweise nur lokalen Charakterwert besitzen. Diese AC (=Assoziationscharakterarten) kommen zusammen mit bestimmten anderen Charakterarten höherer systematischer Einheiten (VC, OC, KC = Verbands-, Ordnungs-, Klassencharakterarten) vor, wobei die Individuenzahl allerdings schwanken kann.

Methodische Schwierigkeiten tauchen auf, wenn man die Assoziationen durch Tabellenarbeit herausarbeiten will, deshalb kann besonders für Anfängerkurse die Ermittlung des Verbandes, in dem einige Assoziationen zusammengefaßt sind, ausreichen, um die Standortgegebenheiten zu ermitteln; im Verband sind mehrere ähnliche Assoziationen zusammengefaßt. Durch die ökologische Auswertung (Kap. 2.4.8.)) der konkreten Vegetationsaufnahmen können auch Aussagen zum Standort gemacht werden.

2.) Didaktische Überlegungen

Pflanzen und Tiere bilden gemeinsam mit den sie bedingenden ökologischen Faktoren (Standortfaktoren) einen Lebensraum. Dieser Lebensraum ist auch Bestandteil des menschlichen Lebensraumes. Der Mensch bildet allerdings häufig aus Unwissenheit einen Störfaktor für den Lebensraum, indem er durch Veränderung eines Teiles des im Lebensraum herrschenden Gleichgewichtes das gesamte System stört oder vernichtet. Mit der Unwissenheit um ökologische Zusammenhänge droht die weitere Zerstörung von Lebensräumen und damit der Grundlage menschlichen Lebens. Die Vegetation bildet die Voraussetzung für die Funktionen des menschlichen Körpers (Atmung, Nahrung) und damit für das Leben. Neben der Landvernichtung machen sich die Folgen der jahrzehntelang betriebenen Gewässerverschmutzung deutlich bemerkbar, da die Aufbereitung des verschmutzten

Wassers schwieriger und teurer wird. Dieser deutlich werdenden Vernichtung unserer Lebensbasis stellen sich bisher nur wenige wissende Bürger entgegen, die meist als Wissenschaftler um die drohenden Gefahren wissen.

Beim heutigen Stand der Wissenschaft sollte der Biologieunterricht die Aufgabe übernehmen, dem Schüler von heute die wichtigsten ökologischen Grundkenntnisse über die Zusammenhänge von Standort, Pflanzen, Tieren und Menschen und ihre Störanfälligkeit durch äußere Eingriffe vermittelt werden.

Dadurch wird dem "Bürger von morgen" ein Wissen vermittelt, das ihn befähigt, Entscheidungen, die sein eigenes Leben und das seiner Mitmenschen beeinflussen können, mit entsprechendem Sachverstand zu fällen.

Dieses ist ein Grundziel des biologischen Unterrichts und es sollte in der Praxis (unter anderem) verwirklicht werden, indem direkte Untersuchungen und Vergleiche dem Schüler konkret die o.g. Zusammenhänge verdeutlichen.

Die Auswahl der Untersuchungsstellen wird sich stets nach den lokalen Gegebenheiten der Schule richten. Die im Folgenden dargestellten exemplarischen Untersuchungen können nicht alle Lebensräume erfassen, sondern es werden an Beispielen Möglichkeiten aufgezeigt, wie man standortkundliche Untersuchungen mit einfachen Hilfsmitteln durchführen kann. Dabei werden in jedem Lebensraum charakteristische Standortfaktoren bewußt hervorgehoben, während die anderen nicht besonders erwähnt werden, weil sie nicht so charakteristisch für die Ausbildung der Biozönose sind.

Die Beschränkung der ökologischen Arbeit auf die Pflanzengesellschaften ergibt sich aus der Berücksichtigung der Artenzahl (höhere Pflanzen: ca 3 000 gegenüber mehr als 20 000 höheren Tierarten in Deutschland) und aus der Standorttreue der Pflanzen, die im Gegensatz zu den Tieren nicht lokomotorisch aktiv sind und darum die Standortverhältnisse ziemlich sicher demonstrieren.

3.) Untersuchungen im Lebensraum "Wald"

3.1.) Der Lebensraum "Wald" und seine Bedeutung

Wälder sind die natürliche Vegetation Mitteleuropas. Zum überwiegenden Teil bestehen sie aus Laubbäumen (Rotbuche, Stiel-, Traubeneiche und Sandbirke). Die Wälder im heutigen Zustand sind nicht natürlich, sondern weitgehend durch den Menschen beeinflußt. Nach ELLENBERG (1963) zeigen viele der sogenannten "Urwälder" noch Spuren ehemaliger Nutzung durch Beweidung mit Rindern, Schweinen und Pferden, die das Unterholz vernichteten und den Wald auflockerten. Seit diese Bestände geschont werden, entwickeln sie sich weitgehend natürlich weiter. Die natürliche Entwicklung zeigt, daß raschwüchsige Schattenhölzer (Rotbuche) die übrigen Baumarten überragen und durch die Beschattung zurückdrängen. Somit scheint der ursprüngliche Charakter der natürlichen Vegetation der dieser schlankwüchsigen Hochwälder zu sein (ELLENBERG 1963).

30 % der Fläche der Bundesrepublik bestehen heute aus Wäldern. Von der gesamten Waldfläche sind 2/3 Nadelwald (angepflanzte Forste) und 1/3 Mischwald. So berechnet sind von der ursprünglichen Vegetation noch etwa 10 % erhalten, wobei zu beachten ist, daß täglich an diesem Bestand gerodet wird und er

sich somit täglich vermindert. Die Aufforstung der gerodeten Flächen erfolgt meist aus materiellen Gründen zugunsten der Nadelwälder, da diese sehr schnell wachsen und durch entsprechende Pflanzweise astfreies Holz produzieren. Daß diese Nadelforste durch ihre abgeworfenen Nadeln die Bodenstruktur verschlechtern und den Boden auslaugen, ist zwar heute bekannt, wird jedoch wenig beachtet. Daneben können nur sehr wenige andere Pflanzen diesen Lebensraum besiedeln, so daß eine artenarme, aber individuenreiche Pflanzengesellschaft entsteht - für Schädlinge dieser Pflanzen ein Paradies, da sich nur wenige natürliche Feinde in einem so einseitigen Lebensraum aufhalten. So kommt es in den Nadelforsten nach Unwettern o.ä. häufig zu Massenverbreitungen von Borkenkäfern und anderen Schädlingen, die genug Nahrung finden und sich deshalb sehr schnell und zahlreich vermehren können. Um diese Vernichtung zu stoppen, werden Chemikalien zur Bekämpfung eingesetzt, von denen sich erst nach Jahren herausstellt, welche Folgen sie für die übrigen Tiere (u.a. die natürlichen Feinde) und letztlich auch den Menschen nach sich ziehen (z.B. DDT, das sich in den "nützlichen" Tieren stark anreichert und zu Fortpflanzungsschäden führt).

Im Gegensatz zum "unnatürlichen" Nadelforst zeigen natürliche Nadelwälder (z.B. Mischwälder) ein ausgewogenes biologisches Gleichgewicht. Dieses Gleichgewicht besteht u.a. auch zwischen Schädling und Freßfeind, so daß es keinesfalls zu Schädlingskalamitäten kommt, da die natürlichen Feinde auf die Vermehrung der Schädlinge ebenfalls mit Vermehrung reagieren und die Massenverbreitungen auf diese Weise verhindern. Damit sich jedoch genügend natürliche Feinde der Schädlinge im Lebensraum halten können, bedarf es einer artenreichen und individuenarmen Gesellschaft wie sie der natürliche Mischwald darstellt. Der "saubere" unterholzfreie und krautarme Forst stellt sich im Vergleich mit dem "ungeordneten" strauch- und krautreichen Mischwald biologisch als gesünder heraus, da der Mischwald einen ausgewogenen Lebensraum für Pflanzen und Tiere darstellt.

Neben den Schäden durch Insekten nehmen auch die Baumschäden durch Wild in den Monokulturen (Forste) ständig zu, da das Wild zu wenig abwechslungsreiche Nahrung findet; wegen des fehlenden Unterwuchses verbeißt das Wild die jungen Triebe oder sucht sich Nahrung in den umgebenden Feldern (Wildflurschaden). Das Rotwild schält im Winter bei Nahrungsmangel die Rinde der Bäume ab, wodurch die Bäume in kurzer Zeit absterben. Sowohl Reh- als auch Rotwild schädigen besonders die Jungpflanzen durch das Fegen ihrer Geweihe im Bast. Viele dieser Schäden könnten reduziert werden, wenn dem Wild ein abwechslungsreicher Lebensraum geboten würde, der mehrschichtig und artenreich ist, wie es die Mischwälder sind.

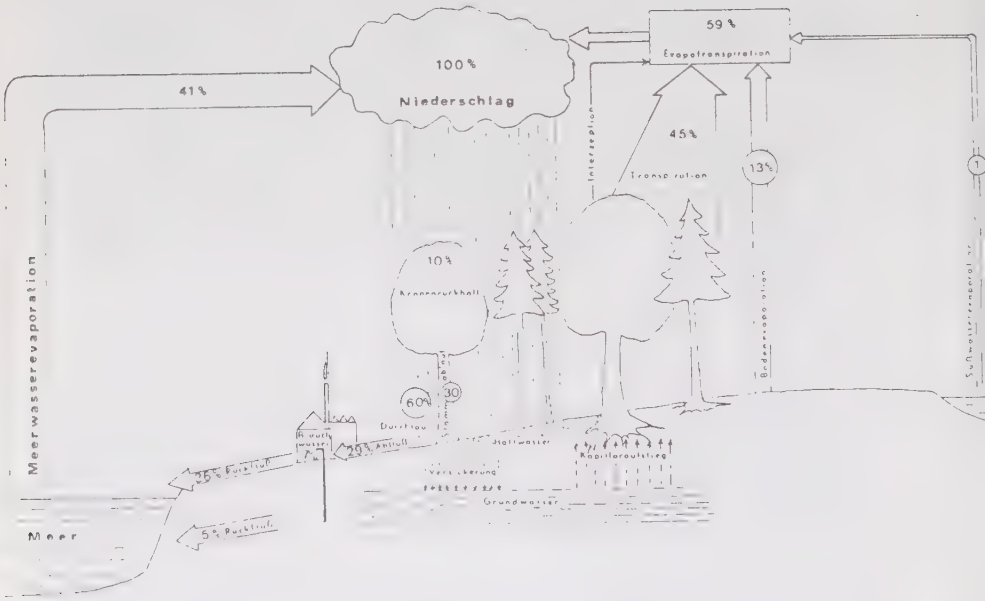
Der Wald stellt aber nicht nur eine Nutzfläche für den Menschen dar, die zur Holzgewinnung und Tierhaltung dient. Weitere wichtige Aufgaben nimmt der Wald wahr, die weithin unbekannt sind.

3.1.1.) Wald und Wasserhaushalt

Wälder haben einen großen Einfluß auf den Wasserhaushalt einer Landschaft (Abb. 38). Zunächst verhindern Wälder in hügeligem/bergigem

Land die Erosion der fruchtbaren Bodenkrume durch Wasser. Der auftreffende Niederschlag wird durch das Laubdach fein verteilt und in der Auftreffungsgeschwindigkeit gebremst. Der Regen wird durch das Laubdach von Blatt zu Blatt transportiert und so langsam dem Boden zugeführt. Ein Teil des Niederschlages wird als sogenannte Interzeptionswasser von den Blättern direkt an die Atmosphäre abgegeben (verdunstet von der Oberfläche). Der Rest des Niederschlages gelangt in den Boden. Dort wird Wasser im großen Porenvolumen der Waldböden gespeichert und ein Teil (5 %) geht als gereinigtes Grundwasser (Reinigung beim Durchsickern des Waldbodens) zu Quellen und Bächen. Ein beträchtlicher Teil des Niederschlagswassers (45 %) wird durch Transpiration der Blätter wieder an die Atmosphäre abgegeben, was eine gewisse Fernwirkung auf die umgebenden Ländereien in Form von häufigerem Niederschlag hat.

Abb. 38: Wasserkreislauf in der Bundesrepublik Deutschland
(nach CLODIUS und KELLER aus: LARCHER 1976)



Die Richtigkeit dieser wichtigen Bedeutung des Waldes zeigt sich im Mittelmeerraum und in Amerika, wo riesige Landstriche abgeholzt wurden und nicht wieder aufgeforstet worden sind. Bald nach der Rodung trat die Erosion durch Wasser und Wind ein, die dazu führte, daß diese Gegenden z.T. vegetationslos sind, da kein fruchtbarer Boden mehr vorhanden ist, sondern nur noch unverwittertes Ausgangsgestein.

3.1.2.) Wald und Wind

Der Wald stellt mit seinem Mantel einen hervorragenden Windschutz für das in Lee liegende Land dar. Diese Erkenntnis führte besonders im nordwestdeutschen Tiefland zur Anpflanzung der Windschutzhecken als Ersatzgesellschaft für Wald. Die Wirkung des Waldes als Windschutz läßt sich sehr leicht und eindrucksvoll demonstrieren, indem man vor und im Wald die Windgeschwindigkeiten oder Windmengen mißt.

3.1.3.) Wald als Lebensraum

Der Wald bietet einer Fülle von Lebewesen Schutz und Nahrung. Folgen der Entwaldung oder der unnatürlichen Aufforstung wurden bereits erwähnt. Die Bedeutung als Lebensraum sollte nicht unterschätzt werden, will man u.a. auf den verstärkten Einsatz von chemischen Bekämpfungsmitteln zur Schädlingsbekämpfung verzichten.

3.1.4.) Wald als Nutzfläche

Der Wald kann als Holzlieferant seine Nutzbarkeit erhalten, wenn die ökologischen Aspekte beachtet werden und auf die Anpflanzung von Monokulturen verzichtet wird. Mischkulturen erhöhen die ökologische Stabilität und sorgen für eine unvergiftete Umwelt.

3.1.5.) Wald als bodenbeeinflussender Faktor

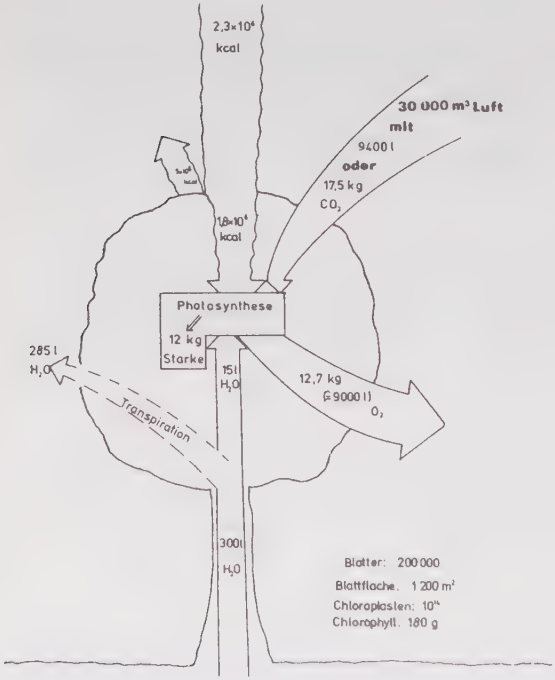
Die Waldpflanzen, besonders Bäume, halten mit ihrem reichverzweigten Wurzelwerk die oberen, humosen Bodenschichten fest, während sie im Untergrund an der biologischen Verwitterung des Gesteins mitwirken. Wald erhält also nicht nur Boden, sondern bildet auch neuen Boden. Daneben wird der Oberboden dauernd durch Laub etc. mit Nährstoffen angereichert, die z.T. aus erheblichen Tiefen durch die Wurzeln aufgenommen werden. Die Monokultur zerstört den Boden durch Auslaugung und Versauerung (unter Fichtenbeständen findet man als Bodentyp häufig den Podsol (S.

3.1.6.) Wald als Erholungsgebiet und Luftfilter

Eng verbunden mit der Windschutzwirkung ist die Luftfilter-Funktion des Waldes und damit seine Bedeutung als Erholungsgebiet. Da der Wind an dem Waldbestand seine Geschwindigkeit verliert, verliert er ebenfalls seine Transportkapazität für Staub etc. Diese Immissionssubstanzen schlagen sich

auf den Blättern und Ästen nieder, von wo sie beim nächsten Niederschlag abgespült werden, wodurch sich der Filter regeneriert. Daneben produzieren die Waldpflanzen eine erhebliche Menge an Sauerstoff, der der Regeneration der verschmutzten Luft dient; ein weiterer wichtiger Erholungsaspekt (Abb. 39).

Abb. 39: Produktionsdaten einer freistehenden, 100-jährigen Buche an einem Sonntag im Sommer (nach NACHTIGALL, 1977, verändert)



Alle Erholungssuchenden suchen im Wald neben der gesunden Luft auch die Ruhe und Stille des Waldes. Untersuchungen haben gezeigt, daß Gehölzstreifen den Schallpegel im Vergleich zu freien Flächen um rund 10 dB (Dezibel oder Phon) senken können. Eine Erhöhung der Lautstärke um 10 dB entspricht einer Verdoppelung. Wälder halten also einen erheblichen Teil der Lautstärke der Umgebund zurück (Effekt: wie Windschutz).

3.1.7.) Wald als Ökosystem

Der Wald stellt, wie bereits erwähnt, ein Ökosystem dar. Innerhalb dieses Ökosystems zeigt sich die gegenseitige Abhängigkeit der Organismen von abiotischen Standortfaktoren und voneinander. Einige besondere Abhängigkeiten eignen sich aber auch zur exemplarischen Behandlung und Verdeutlichung in der Schule. Zunächst sei das biologische Gleichgewicht genannt. Daneben eignet sich der Fak-

tor "Licht" zur Demonstration der Abhängigkeit der Pflanzen vom Standort (S.123 ff).

Waldgesellschaften zeigen durch die in ihnen vertretenen Pflanzenarten die Beschaffenheit des Standortes an betreffs der wichtigen Faktoren Bodenreaktion und Bodenfeuchtigkeit (S.120). Bei eingehender Untersuchung kann auch die Abhängigkeit des Bodennährstoffgehaltes von der Bodenreaktion aufgezeigt werden (S.161, Abb.57).

Das Ökosystem "Wald" bietet eine Fülle von ökologischen Zusammenhängen, deren Erarbeitung im Unterricht angestrebt werden kann. Voraussetzung zur Erarbeitung sollte allerdings die Feldarbeit sein, bei der wichtige Daten und Fakten gesammelt werden, die im weiterführenden Unterricht geordnet, erklärt und zu einer abgerundeten Übersicht verarbeitet werden sollten.

3.2. Die häufigsten waldbildenden und waldnahen Pflanzengesellschaften

Vor der eigentlichen Behandlung der unterschiedlichen Arbeitsmöglichkeiten im Lebensraum "Wald" sollen kurz die häufigsten Pflanzengesellschaften im Lebensraum vorgestellt werden. Aus der pflanzensoziologischen Systematik greife ich nur die oberen Kategorien (Klasse, Ordnung, Verband) heraus, da die Zuordnung einer Waldgesellschaft im eigentlichen Sinne (= Assoziation) besonders dem Nichtpflanzensoziologen erhebliche Schwierigkeiten bereiten kann, während die Zuordnung zu einem Verband durchaus möglich ist. Die Assoziationen als systematische Kategorie sind außerdem noch teilweise umstritten, was die Bearbeitung erschwert. Die Kenntnis der Zugehörigkeit einer Pflanzengesellschaft zu einem Verband sollte für die Bearbeitung in der Schule durchaus hinreichend sein. Zur Bestimmung der Assoziationen sei auf folgende Literatur verwiesen:

RUNGE, F. : Die Pflanzengesellschaften Deutschlands (Übersicht über die häufigsten Assoziationen), Aschendorff, Münster, (1973)

WILMANNS, O. : Ökologische Pflanzensoziologie UTB 269 Quelle u. Meyer, Heidelberg, 1973

HOFMEISTER, H, : Lebensraum Wald Lehmann, München, 1977

TÜXEN, R. : Die Pflanzengesellschaften Nordwest-Deutschlands (Reprint), J. Cramer-Verlag, Lehre 1970

OBERDORFER, E. : Süddeutsche Pflanzengesellschaften Jena 1957 (vergriffen), Neuauflage in Vorbereitung

Die Übersicht über die Gesellschaftsverbände soll zunächst die Einteilung verdeutlichen und einen Überblick liefern über die Vielfalt der verschiedenen Gesellschaften.

Übersicht über die häufigsten Klassen, Ordnungen und Verbände der waldnahen und waldbildenden Pflanzengesellschaften (nach ELLENBERG 1974)

W A L D

6) Waldnahe Staudenfluren und Gebüsche

K: 6.1 Staudensäume an Gehölzen
O: 6.11 Mittelklee-Wasserdost-Gesellschaften
V: 6.111 Frische Mittelklee-Saum-gesellschaften
V: 6.112 Trockene Blutstorch-schnabelgesellschaften

K: 6.2 Waldlichtungsfluren und -gebüsche
O: 6.21

V: 6.211 Bodensaure Weidenröschen-gesellschaften
V: 6.212 Kalkliebende Tollkirschen-gesellschaften
V: 6.213 Vorwald-Holunder-Weiden-gesellschaften

7) Nadelwälder

7.3 Saure Fichtenwälder
7.31 Sauerhumus-Nadelwälder
7.311 Sauerhumus-Kiefernwälder
7.312 Sauerhumus-Fichtenwälder
7.312.1 Heidelbeer-Fichtenwälder
7.312.2 Porst-Moorwälder
7.312.3 Birkenbrücher

8) Laubwälder und verwandte Gesellschaften

8.1 Weiden-Auengehölze
8.11 Purpurweiden-Gesellschaft
8.111 Lavendelweiden-Gesellschaft
8.112 Weichholz-Auenwälder

8.2 Erlenbrücher u. Moorweidengebüsche
8.21 Erlenbrücher
8.211 Erlenbruch-Wälder
8.22 Moorweidengebüsche
8.221 Ohrweiden-Faulbaum-Gesellschaft

8.3 Saure Eichenmischwälder
8.31 Eichen-Birkenwälder
8.311 Eichen-Birkenwald-Gesellschaft

8.4 Reichere Laubwälder u. Gebüsche
8.41 Hecken und Gebüsche
8.411 Brombeer-Hecken
8.412 Berberitzen-Gebüsche
8.43 Buchen- u. Edellaubmischwälder
8.431 Echte Buchenwälder
8.431.1 Hainsimsen-Buchenwälder
8.431.2 Waldmeister-Buchenwälder
8.431.3 Orchideen-Buchenwälder
8.431.4 Ahorn-Eschen-Buchenwälder
8.431.6 Tannen-Buchenwälder
8.432 Eichen-Hainbuchenwälder
8.433 Hartholz-Auenwälder

Waldnahe und waldbildende Gesellschaften (nach ELLENBERG 1974)

6 WALDNAHE STAUDENFLUREN UND GEBÜSCHE		
6.1 Trifolio-Geranietea	6.11 (Trifolio)-Origanetalia	(6.111 Trifolion medii (6.112 Geranion sanguinei
6.2 Epilobietea (angustifoliae)	6.21 Epilobietalia angustifoliae	(6.211 Epilobion angustifoliae (6.212 Atropion (belladonnae) (6.213 Sambuco-Salicion
7 NADELWÄLDER UND VERWANDTE GESELLSCHAFTEN		
7.3 Vaccinio-Piceetea	7.31 Vaccinio-Piceetalia	(7.311 Dicrano-Pinion (7.312 Vaccinio-Piceion (7.312.1 (Vaccinio-)Piceion (7.312.2 Ledo-Pinion (7.312.3 Betulion pubescentis (7.312.4 Rhododendro-Vaccinion (7.312.5 Vaccinio-Abietion
8 LAUBWÄLDER UND VERWANDTE GESELLSCHAFTEN		
8.1 Salicetea purpureae	8.11 Salicetalia purpureae	(8.111 Salicion eleagni (8.112 Salicion albae
8.2 Alnetea (glutinosae)	8.21 Alnetalia glutinosae 8.22 Salicetalia auritae	8.211 Alnion (glutinosae) 8.221 (Frangulo-)Salicion auritae
8.3 Quercetea robori (-petraeae)	8.31 Quercetalia robori -petraeae	8.311 Quercion robori (-petraeae)
8.4 Querco-Fagetea	8.41 Prunetalia	8.411 (Rubo-) Prunion spinosae 8.412 Berberidion
	8.43 Fagetalia (sylvaticae)	(8.431 Fagion (sylvaticae) (8.431.1 Luzulo-Fagion (8.431.2 Galio (odorati)-Fagion (8.431.3 Cephalanthero-Fagion (8.431.4 Aceri-Fagion (8.431.5 Tilio-Acerion (8.431.6 Galio (rotundifolii-) Abietion (8.432 Carpinion betuli (8.433 Alno-Ulmion

Um die Bestimmung der Zugehörigkeit von Pflanzenbeständen zu den verschiedenen Verbänden zu erleichtern, wird im Folgenden ein einfacher Bestimmungsschlüssel aufgeführt.

Die in der Übersicht genannten Klassen, Ordnungen und Verbände sind jeweils mit Kennummern versehen, die die Orientierung erleichtern und von ELLENBERG (1974) in einer Übersicht eingeführt wurden, um die Bestimmung der Zugehörigkeit zu erleichtern, indem er in seinem Buch "Zeigerwerte der Gefäßpflanzen Mitteleuropas" den einzelnen Arten diese Kennziffern zugeordnet hat, sofern eine Art Charakterart einer Klasse, Ordnung oder eines Verbandes darstellt.
Erklärung der Kennziffern am Beispiel der Hainsimsen- Buchenwälder:

8 = GRUPPE der Laubwälder und verwandte Gesellschaften
8.4 = KLASSE der "reicheren" Laubwälder und Gebüsche
8.43 = ORDNUNG der Buchen- und Edellaubmischwälder
8.431 = VERBAND der "echten" Buchenwälder
8.431.1 = UNTERVERBAND der artenarmen, echten Buchenwälder

Im Bestimmungsschlüssel sind die jeweiligen Kennziffern den beschriebenen systematischen Einheiten zugefügt. Die Angabe der lateinischen Bezeichnungen ist unumgänglich für die weiterführende Information, da die deutsche Nomenklatur (wie häufig) bei verschiedenen Autoren stark differiert. Die hier angegebene deutsche Nomenklatur richtet sich weitgehend nach ELLENBERG (1963 und 1974). In dieser Literatur nicht aufgeführte deutsche Bezeichnungen wurden vom Verfasser sinngemäß übersetzt.

Tabelle 33: Bestimmungsschlüssel für Waldgesellschafts- und waldnahe Pflanzengesellschaftsverbände (verändert nach WILLMANNS)
Namen nach ELLENBERG 1974

1) Pflanzenbestände ohne über 30 cm hohe Gehölze 2
– Ausgeprägte Gehölzformationen von über 30 cm Höhe 6

2) Staudenreiche und zwergstrauchreiche Formation, auch von Moosen beherrschte Gesellschaften (in tieferen Lagen) 3
– Strauch- und Pionierwaldgesellschaften (in tieferen Lagen)..... 4

3) Gesellschaften auf Kahlschlägen oder Lichtungen : Waldlichtungsfluren und -gebüsche (6.2) EPILOBIETEA)
– Saumgesellschaften mit Kontakt zu Wäldern: Staudensäume an Gehölzen (6.1) TRIFOLIO-GERANIETEA)

4) Moore oder Flüsse begleitend; auf feuchtem bis nassem Grund in der Nähe von Gewässern oder Mooren 5
– Hecken und Gebüsche auf trockenen und anderen Standorten: Hecken und Gebüsche (8.41) PRUNETALIA)

5) Ufergebüsche im Überflutungsbereich: Weiden-Auengehölze (8.1) SALICETEA)
– Moor- und Bruchwaldrandgebüsche: Erlenbrücher und Moorweidengebüsche (8.2) ALNETEA)

6) Formationen auf Moorböden 7
– Formationen auf Mineralböden 8

7) Torfmoose und Beersträucher im Unterwuchs: Beerstrauchreiche Nadelwälder (7.3) VACCINIO-PICEETEA)
- Kräuter im Unterwuchs, teilweise röhrichtartig: Erlenbrücher (8.2) ALNETEA)

8) (fast) reine Nadelwälder, keine Forste (Einzelbäume stehen nicht in Reihen 9
- Misch- oder reine Laubwälder 10

9) Fichten- und Lärchenwälder, fast ohne Strauchschicht, Unterwuchs vorwiegend Farne, Zwergsträucher und Moose: Saure Fichtenwälder (7.3) VACCINIO-PICEETEA)
- Kiefernwälder auf Sandböden in tieferen Lagen: Sand-Kiefernwälder (7.311) DICRANO-PINION)

10) auf Sand- und trockenen Silikatböden; artenarme, eichenreiche Bestände fast ohne typische Waldbodenpflanzen, teilweise mit Kiefer und schlechtwüchsiger Rotbuche, vorwiegend im Flachland : Eichen-Birkenwälder (8.311) QUERCION ROBORI-PETRAEAE)
- auf nährstoffreicherem Grund, artenreichere Wälder 11

11) Wälder im Bereich des Grundwassers und im Überflutungsbereich von Fließgewässern: Hartholz-Auenwälder (8.433) ALNO-PADION)
- sonstige Wälder, meist mit Rotbuchenanteil 12

12) Rotbuche vorherrschend (Rotbuchenwälder 8.431 FAGION) 13
- Weißbuche vorherrschend, häufig mit Eichen durchsetzte Wälder auf nassen, mäßig durchlüfteten Böden in Niederungen und Tälern: Eichen-Hainbuchenwälder (8.432 CARPINION BETULI)

13) auf nährstoffarmen Böden (Sandstein etc.) mit saurer Reaktion: Hainsimsen-Buchenwälder (8.431.1 LUZULO-FAGION)
- auf nährstoffreicheren Böden mit schwach saurer bis alkalischer Reaktion:.....14

14) kalkarme Böden mit Perlgras, Flattergras und Waldmeister in der Krautschicht: Waldmeister-Buchenwälder (8.431.2 GALIO-FAGION)
- kalkreiche Böden..... 15

15) trockene, warme, kalkreiche Standorte in Südexposition mit Orchideen in der Krautschicht: Orchideen-Buchenwälder (8.431.3 CEPHALANTHERO-FAGION)
- feuchte, schattige Schluchten und steile Nordhänge, im Unterwuchs Bergahorn: Ahorn-Eschen-Buchenwälder (8.431.4 ACERI-FAGION)
- im höheren Bergland (Schwarzwald) vorkommend, mit natürlich vorkommender Weißtanne vergesellschaftet: Tannen-Buchenwälder (8.431.6 GALIO-ABIETION)

Es folgt eine kurze Beschreibung der einzelnen Verbände und Ihre Bedeutung:

KLASSE der SCHLAGFLUREN (6.2 EPILOBIETEA ANGUSTIFOLIAE)

Die Pflanzengesellschaften auf Kahlschlägen und Waldlichtungen werden unter der Klasse der Schlagfluren zusammengefaßt. Ein Kahlschlag, ein Wind- oder Schneewurf oder eine andere plötzlich waldfrei gewordene Fläche wird in relativ kurzer Zeit von einer Vegetation besiedelt, die eigentlich nicht im Wald vorkommt, da sie andere Ansprüche an den Standort stellt. Je nach den gegebenen Standortverhältnissen entwickeln sich verschiedene Schlagfluren-Gesellschaften aus:

auf sauren, nährstoffarmen Böden: Verband der Weidenröschen-Gesellschaften auf alkalischen, nährstoffreicheren Böden: Verband der Tollkirschen-Gesellschaften.
Beide Schlagfluren werden im Laufe der Zeit von den Vorwaldgesellschaften des SAMBUCO-SALICION abgelöst, die sich ihrerseits ohne menschlichen Einfluß zu der ursprünglichen Vegetation (Wald) weiterentwickeln. Diesen Wandel der Vegetation durch Weiterentwicklung über mehrere Stufen bis zu einer Endform (Wald) bezeichnet man als S U K Z E S S I O N .

Bedeutung der Schlagfluren:
Die Schlaggesellschaften haben bestimmte ökologische Aufgaben zu erfüllen (nach WILMANNS 1973):
- sie schützen den freigelegten Boden vor zu starker Erosion durch Wasser und Wind
- sie schaffen ein Mikroklima, in dem sich die Baumkeimlinge entwickeln können, da die Keimlinge gegen starke Temperaturschwankungen sehr empfindlich reagieren. Durch den Verlust der Bäume wird der Boden einer größeren Temperaturein- und ausstrahlung ausgesetzt, die sich auf die Keimlinge u.U. tödlich auswirken kann. Die Schlagpflanzen selbst sind unempfindlich gegen diesen starken Temperaturwechsel und dämpfen ihn zusätzlich durch die Bildung von Pufferzonen direkt über der Bodenoberfläche. Einen Teil der Einstrahlung fangen sie ab, so daß die Bodenoberfläche nicht zu stark erwärmt wird. Daneben erzeugt die Transpiration der Schlagpflanzen einen Kühleffekt, der der Bodenschicht einen zusätzlichen Schutz gewährt. In der Nacht ist eine unbewachsene Oberfläche dem kalten Wind ausgesetzt, der den Boden rasch auskühlt und somit für einen starken und raschen Temperaturwechsel sorgt. Ist der Schlag bewachsen, kann der Wind die Erdoberfläche nicht erreichen, da sich zwischen den Pflanzenstengeln und Blättern eine Luftschicht befindet, die eine zu starke Auskühlung verhindert. Zusätzlich kondensiert an den aufragenden Schlagpflanzen ein Teil der nächtlichen Luftfeuchtigkeit und gewährleistet einen Abstrahlungsschutz. Auf diese Weise wird durch die Schlagpflanzen das erwähnte Mikroklima gebildet, in dem sich die Baumkeimlinge entwickeln können.

  Durch die starke Einstrahlung werden die Abbauprozesse der Humusbildung beschleunigt; dies zeigen die Schlagpflanzen, da die meisten Arten nitrophil (d.h. stickstoffliebend) sind.

  Die Schlagpflanzen müssen über besondere Anpassungserscheinungen an stark schwankende Umwelteinflüsse verfügen, da Kahlschläge starken Temperaturschwankungen (s.o.) und starken Niederschlagsschwankungen (höhere Niederschläge, da kein Verlust durch Interzeption) ausgesetzt sind.

Verband der WEIDENRÖSCHEN-Schlagfluren (6.211 EPILOBION ANGUSTIFOLIAE)

Kennarten und Zeigerwerte nach ELLENBERG 1974:

		L	F	R	N
Waldweidenröschen (Epilobium angustifolium)	im Tief- u. Bergland	8	5	3	8
Roter Fingerhut (Digitalis purpurea)	im Bergland	7	5	3	6
Waldkreuzkraut (Senecio silvaticus)	im Tiefland	8	5	3	8

Vorkommen:

vorwiegend auf saurer Böden als Ersatzgesellschaft von Fichtenforsten und artenarmen Buchenwäldern (LUZULO-FAGION) sowie Tannen-Buchenwäldern (GALIO-ABIETON).

Verband der TOLLKIRSCHEN-Schlagfluren (6.212 ATROPION BELLADONNAE)

Kennarten und Zeigerwerte:

		L	F	R	N
Tollkirsche (Atropa belladonna)	im Bergland	6	5	8	8
Walderdbeere (Fragaria vesca)	im Tiefland	7	5	x	6
Behaartes Hartheu (Hypericum hirsutum)	im Tiefland	7	5	8	7
Hainklette (Arctium nemorosum)	im Tief- u.Hügelland	5	7	x	9
Fuchs'-Kreuzkraut (Senecio fuchsii	im Bergland	7	5	x	8

Vorkommen:

vorwiegend auf kalkreichen, nährstoffreichen Böden als Ersatzgesellschaften der artenreichen Buchenwälder (Fagion).

Verband der HOLUNDER-Salweiden-Gebüsche (6.213 SAMBUCO-SALICION)

Kennarten und Zeigerwerte:

	L	F	R	N
Schwarzer Holunder (Sambucus nigra)	7	5	x	9
Weißer Holunder (Sambucus racemosa)	6	5	5	8
Salweide (Salix caprea)	7	6	7	x
mehrere Brombeerarten (Rubus spec.)				

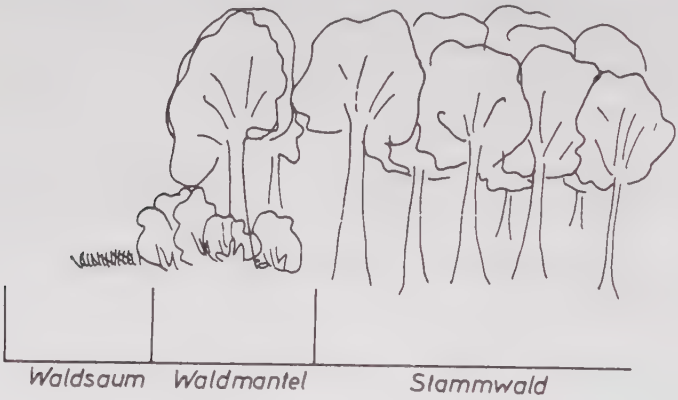
Vorkommen:

weit verbreitet als Folgegesellschaften der Weidenröschen- und Tollkirschen-Schlagfluren.

KLASSE der Staudensäume an Gehölzen (6.1 TRIFOLIO GERANIETEA)

Betrachtet man einen Wald an einer Grenze zum umgebenden Freiland, fallen dort Pflanzenzonen auf, die den Wald nach außen umringen. Eine schematische Darstellung (Abb. 40) soll die Begriffe Waldsaum, Waldmantel und Stammwald verdeutlichen.

Abb. 40: Schematische Darstellung eines "normalen" Waldrandes



Der Waldmantel wird in der Hauptsache von Sträuchern gebildet, die am Waldrand genügend Licht für ihre Entwicklung finden. Sie schützen das Waldinnere vor zu starkem Windeinfluß und tragen somit zur Bildung des waldeigenen Mikroklimas bei, das sich durch geringe Schwankungen der Temperatur und der Feuchtigkeit auszeichnet. Weiterhin verhindert der Waldmantel eine Nährstoffverarmung des Bodens im Wald, da der "natürliche Dünger", das abfallende Laub, nicht verweht wird.

Der Waldsaum wird in erster Linie von Stauden (mehrjährige Kräuter) gebildet. Er stellt eine Übergangsform zu den Pflanzengesellschaften der Umgebung dar und enthält zum Teil typische Saumpflanzen (s.u.), z.T. eingesprengte Vertreter der umgebenden Vegetation.

Bedeutung der Staudensäume:

In den Saumgesellschaften sind sehr viele Schmetterlingsblütler vertreten, die sich durch ihre Symbiose mit den Knöllchenbakterien (Rhizobium spec.) in ihren Wurzeln auszeichnen. Die Bakterien binden Luftstickstoff und machen ihn der Wirtspflanze zugänglich; die Wirtspflanze ihrerseits bietet den Bakterien Schutz. Durch die Bakterientätigkeit kommt es zu einer lokalen Anreicherung mit Stickstoff, der in der angewandten Biologie bereits hinreichend genutzt wird indem z.B. nährstoffarme Böden mit Lupinen bepflanzt werden. Nach Absterben der oberirdischen Teile der Lupinen kommt dem Boden der Stickstoff zugute, der Boden wird mit Nährstoffen angereichert. Vermutlich kommt den Sträuchern des Waldmantels der Stickstoff der Saumpflanzen zugute; genaueres ist noch nicht bekannt.

Als zusätzlicher Windschutz ist die Bedeutung der Staudengesellschaften wahrscheinlich gering.

Verband der MITTELKLEE-Säume (6.111 TRIFOLION MEDII)

Kennarten und Zeigerwerte:

	L	F	R	N
Mittelklee (Trifolium medium)	7	4	x	3
Hainwicke (Vicia dumetorum)	6	5	8	4
Kleiner Odermennig (Agrimonia eupatoria)	7	4	8	4
Wirbeldost (Clinopodium vulgare)	7	4	7	3
Dost (Origanum vulgare)	7	3	x	3

Vorkommen:

ziemlich verbreitet an Mänteln der Hainbuchen- und Rotbuchenwälder. Teilweise sind Gesellschaften dieses Verbandes mit Arten aus umgebenden Gesellschaften vermischt.

Verband der Blutstorchschnabel-Saumgesellschaften (6.112 GERANION SANGUINII)

Kennarten und Zeigerwerte:

	L	F	R	N
Großes Windröschen (Anemone silvestris)	7	3	7	3
Sichel-Hasenohr (Bupleurum falcatum)	6	3	9	3
Acker-Glockenblume (Campanula rapunculoides)	6	4	8	4
Behaarter Alant (Inula hirta)	6	3	8	3
Waldklee (Trifolium alpestre)	7	3~	6	3

Vorkommen:

weit verbreitet in Süddeutschland, da die Gesellschaften sehr wärmeliebend sind und auf trockenen Böden vorkommen.

7.3 Klasse der sauren Fichtenwälder und verwandter Gesellschaften

Die natürlichen sauren Fichtenwälder und verwandten Gesellschaften kommen auf mehr oder weniger sauren Böden vor. Zu beachten ist, daß viele scheinbar natürliche Nadelwälder menschlichem Einfluß unterliegen oder unterlgen haben und nach längerer intensiver Nutzung (Forste) den Charakter von natürlichen Nadelwäldern annehmen. Natürliche Nadelwälder kommen hauptsächlich in den höheren Lagen der Mittelgebirge vor.

Verband der Sauerhumus-Kiefernwälder (7.311 DICRANO-PINION)

Kennarten und Zeigerwerte nach ELLENBERG 1974 und HOFMEISTER 1977:

	L	F	R	N
Waldkiefer (Pinus sylvestris)	(7)	x	x	x
Netzblatt (Goodyera repens)	5	4	x	2
Winterlieb (Chimaphila umbellata)	4	4	5	3
Frühlings-Küchenschelle (Pulsatilla vernalis)	7	4	3	2
Faulbaum (Frangula alnus)	6	x~	2	3
Wacholder (Juniperus communis)	8	4	x	x
Besenginster (Sarothamnus scoparius)	?	4	2	4

Vorkommen:

auf Sanden in der norddeutschen Tiefebene und im Oberrheingebiet ziemlich verbreitet.

Nutzung:

evtl. Kiefernforst; bei Rodung Ackerbau (Roggen, Kartoffel, Spargel)

Verband der Sauerhumus-Fichtenwälder (7.312 VACCINIO-PICEION)

1. Unterverband der Heidelbeer-Fichtenwälder (7.312.1 VACCINIO-PICEION)

Kennarten und Zeigerwerte:

	L	F	R	N
Wolliges Reitgras (Calamagrostis villosa)	6	7~	2	2
Europ. Lärche (Larix decidua)	(8)	4	x	3
Gelbliche Hainsimse (Luzula luzulina)	3	4	x	?
Fichte (Picea abies)	(5)	x	x	x
Berg-Kiefer (Pinus mugo)	8	x	x	3

Vorkommen:

besonders im höheren Bergland an der oberen Laubbaumgrenze sind natürliche Fichtenwälder verbreitet.

2. Unterverband der Sumpfporst-Kiefern-Bruchwälder (7.312.2 LEDO-PINION)

Kennarten und Zeigerwerte:

	L	F	R	N
Sumpfporst (Ledum palustre)	5	9	2	2

Vorkommen:

besonders im nordwestdeutschen Tiefland auf stark sauren, nassen Standorten im Bereich der Hochmoore. Die Waldkiefer ist schlechtwüchsig, im Unterholz sind Sumpfporst und Moosbeere (Vaccinium uliginosum) reichlich vertreten. Die Moosschicht besteht vorwiegend aus Torfmoosen (Sphagnum) und ist sehr gut ausgebildet.

3. Unterverband der Birkenbrücher (7.312.3 BETULION PUBESCENTIS)

Kennarten und Zeigerwerte:

	L	F	R	N
Moorbirke (Betula pubescens)	(7)	x	3	3
Sandbirke (Betula pendula)	(7)	x	x	x
z.T. Schwarzerle (Alnus glutinosa)	(5)	9=	6	x
versch. Beersträucher (Vaccinium myrtillus)	5	x	2	3
(Vaccinium vitis-ideae)	5	4~	2	2
(Vaccinium uliginosum)	6	x	1	3

Vorkommen:

an sehr nährstoffarmen, nassen Standorten, besonders in Nordwestdeutschland und in den Mittelgebirgen.

8. Gruppe der Laubwälder und verwandte Gesellschaften (QUERCO-FAGETAE)

Die arten- und verbandreichste Gruppe und Hauptbildner der mitteleuropäischen Wälder; die folgende Beschreibung der einzelnen Einheiten richtet sich nicht nach der Systematik, sondern nach der Häufigkeit des natürlichen Vorkommens.

8.4 Klasse der reicheren Laubwälder (QUERCO-FAGETAE)

Wegen der sehr umfangreichen Klasse werden hier zunächst einige sehr häufige Klassencharakterarten (KC) vorgestellt, die in den übrigen systematischen Einheiten mit den entsprechenden Charakterarten gemeinsam vorkommen können.

Kennarten und Zeigerwerte nach ELLENBERG 1974:

	L	F	R	N
Feldahorn (Acer campestre)	(5)	5	7	6
Buschwindröschen (Anemone nemerosa)	x	x	5	x
Gelbes Windröschen (Anemone ranunculoides)	3	6	8	8
Gemeine Ackelei (Aquilegia vulgaris)	6	4	7	4
Waldzwenke (Brachypodium silvaticum)	4	5	6	6
Haselnuß (Corylus avellana)	6	x	x	x
Zweigriffeliger Weißdorn (Crataegus laevigata)	6	5	7	x
Leberblümchen (Hepatica nobilis)	4	4	7	?
Berg-Hartheu (Hypericum montanum)	5	4	6	3
Rote Heckenkirsche (Lonicera xylosteum)	5	5	7	x
Dreinervige Nabelmiere (Moehringia trinervia)	4	5	6	7
Scharbockskraut (Ranunculus minor)	(5)	x	8	x
Gewöhnlicher Schneeball (Viburnum opulus)	6	7	7	6
Kleines Immergrün (Vinca minor)	4	5	x	6

8.43 Ordnung der Buchen- und Edellaubmischwälder (FAGETALIA SYLVATICAE)

Häufigste Kennarten und Zeigerwerte:

	L	F	R	N
Spitzahorn (Acer platanoides)	(5)	x	x	x
Moschuskraut (Adoxa moschatellina)	5	6	7	8
Bär-Lauch (Allium ursinum)	2	6	7	8
Geflochtener Aronstab (Arum maculatum)	3	7	7	8
Haselwurz (Asarum europaeum)	3	6	8	6
Hexenkraut (Circaea lutetiana	4	6	7	7
Wurmfarn (Dryopteris filix-mas)	3	5	5	6
Berg-Weidenröschen (Epilobium montanum)	4	5	6	6
Gem. Esche (Fraxinus excelsior)	(4)	x	7	7
Waldmeister (Galium odoratum)	(2)	5	x	5
Springkraut (Impatiens noli-tangere	4	7	7	6
Goldnessel (Lamiastrum galeobdolon)	2	5	7	5
Einbl. Perlgras (Melica uniflora)	3	5	6	x
Ringelkraut (Mercurialis perennis)	2	x	7	7
Flattergras (Milium effusum)	4	5	5	x
Nestwurz (Neottia nidus-avis)	2	5	7	5
Einbeere (Paris quadrifolia)	3	6	7	6
Vielblütiger Weißwurz (Polygonatum multiflorum)	2	5	7	4
Schaftlose Waldprimel (Primula vulgaris)	6	5	7	5
Vogelkirsche (Prunus avium)	(4)	5	7	5
Lungenkraut (Pulmonaria officinalis)	5	5	8	6
Sanikel (Sanicula europaea)	4	5	8	6
Knotige Braunwurz (Scrophularia nodosa)	4	6	6	7
Sommerlinde (Tilia platyphyllos)	(3)	5	x	7
Waldveilchen (Viola reichenbachiana)	4	5	7	6

8.431 Verband der chten Buchenwälder (FAGION SYLVATICAE)

Kennarten und Zeigerwerte:	L	F	R	N
Rotbuche (Fagus sylvatica)	(3)	5	x	x
Christrose (Helleborus niger)	3	4	8	4
Grüne Nieswurz (Helleborus viridis)	3	5	8	5
Weiße Pestwurz (Petasites albus)	4	6	x	x
Eibe (Taxus baccata)	2	5	7	x

Vorkommen:

häufigste Waldformation; im gesamten Mitteleuropa sehr weit verbreitet. Da Buchenwälder auf unterschiedlichen Standorten vorkommen können, werden sie in mehrere Unterverbände unterteilt, die eine standörtliche Eingrenzung ermöglichen.

Nutzung:

Die Rotbuchenwälder werden hauptsächlich als Hochwälder genutzt.

1. Unterverband der Hainsimsen-Buchenwälder (8.431.1 LUZULO-FAGION)
   (auch "Artenarme Buchenwälder" genannt)

Kennarten und Zeigerwerte:	L	F	R	N
Schmalblättrige Hainsimse (Luzula albida (=luzuloides)) und andere Luzula-Arten	4	x	3	4
Stein-Labkraut (Galium saxatile)	7	5	2	3

Vorkommen:

sehr häufiger Buchenwald auf saurem, nährstoffarmem Gestein im Bergland; besonders auf Sandstein, Schiefer und Grauwacke.

2. Unterverband der Waldmeister-Buchenwälder (8.431.2 Asperula-Fagion)

Kennarten:	L	F	R	N
Waldmeister (Galium odoratum)	2	5	x	5

Vorkommen:

sehr häufig; auf Lehm-Böden und Löß über kalkhaltigem Untergrund im Hügel- und Bergland.

3. Unterverband der Orchideen-Buchenwälder (8.431.3 Cephalanthera-Fagion)

Kennarten und Zeigerwerte:	L	F	R	N
Weißes Waldvögelein (Cephalanthera damasonium	2	4	7	4

Vorkommen:

auf Kalkstein (flachgründig und trocken) zerstreut verbreitet. In den Orchideen-Buchenwäldern kommen mehrere Orchideen-Arten vor, daher besonders interessant.

4. Unterverband der Ahorn-Eschen-Buchenwälder (8.431.4 ACERI-FAGION)

Kennarten und Zeigerwerte:

	L	F	R	N
Bergahorn (Acer pseudoplatanus)	(4)	6	x	7
Silberblatt (Lunaria rediviva)	4	6	7	8
Dorniger Schildfarn (Polystichum aculeatum)	3	6	6	7
Brauner Schildfarn (Polysticum braunii)	3	6	5	7
Bergulme (Ulmus glabra)	(4)	7	x	7

Vorkommen:

Schattige, luftfeuchte Schluchten und steile Nordhänge, vorwiegend im Bergland der Kalkgebirge (neutrale Bodenreaktion).

6. Unterverband der Tannen-Buchenwälder (8.431.6 GALIO-ABIETION)

Kennarten und Zeigerwerte:

	L	F	R	N
Rundblättriges Labkraut (Galium rotundiflium)	2	5	5	4
Weißtanne (Abies alba)	(3)	x	x	x

Vorkommen:

vorwiegend in Süddeutschland in höheren Lagen der Gebirge auf frischen, nährstoffreichen Böden.

8.432 Verband der Eichen-Hainbuchenwälder (CARPINION BETULI)

Kennarten und Zeigerwerte:

	L	F	R	N
Hainbuche (Carpinus betulus)	(4)	x	x	x
Hasenglöckchen (Scilla non-scripta)	5	5	7	6
Winterlinde (Tilia cordata)	(4)	x	x	5
Große Sternmiere (Stellaria holostea)	5	5	6	5
Erdbeer-Fingerkraut (Potentilla sterilis)	5	5	6	6

Vorkommen:

besonders im Tiefland auf trockenen, warmen Böden einerseits, auf nassen, schlecht durchlüfteten Böden andererseits; die Eichen-Hainbuchenwälder besetzen die Standorte, an denen die Rotbuche nicht so konkurrenzstark ist.

8.433 Verband der Hartholz-Auenwälder (ALNO-PADION)

Kennarten und Zeigerwerte:

	L	F	R	N
Grau-Erle (Alnus incana)	(6)	7=	8	x
Wechselblättriges Milzkraut (Chrysosplenium alternif.)	4	7=	7	4
Riesen-Schwingel (Festuca gigantea)	4	7	6	6
Gem. Gelbstern (Gagea lutea)	2	6=	7	7
Rote Johannisbeere (Ribes rubrum)	4	8	6	6
Hain-Ampfer (Rumex sanguines)	4	8	7	7
Hain-Sternmiere (Stellaria nemorum)	4	7	5	7
Flatter-Ulme (Ulmus laevis)	(4)	8=	7	7
Berg-Ehrenpreis (Veronica montana)	4	7	5	6
Wilde Weinrebe (Vitis vinifera ssp. silvatica)	6	6	8	6

Vorkommen:

- auf feuchten Niederungsböden (Auenböden) an Flüssen (Unterlauf); durch Aus- und Verbau der Flüsse heute recht selten.
- auf feuchten Böden im Hügel- und Bergland an Bächen und Quellmulden (häufig).

8.41 Ordnung der Hecken und Gebüsche (PRUNETALIA)

Die Hecken und Gebüsche sind in der Kulturlandschaft häufig als Windschutzanlagen zu finden.

Kennarten und Zeigerwerte:

	L	F	R	N
Waldrebe (Clematis vitalba)	7	5	7	7
Roter Hartriegel (Cornus sanguinea)	7	x	8	x
Eingriffliger Weißdorn (Crataegus monogyna)	7	4	8	3
Pfaffenhütchen (Evonymus europaea)	6	5	8	5
Schlehe, Schwarzdorn (Prunus spinosa)	7	x	x	x
Heckenrose (Rosa canina)	8	4	x	x

8.411 Verband der Brombeer-Hecken (PRUNION SPINOSAE)

Kennarten und Zeigerwerte:

	L	F	R	N
Strauch-Kirsche (Prunus fruticosus)	8	3	8	x
Brombeere (Rubus fruticosus affinis)	7	5	2	5

Vorkommen:

vorwiegend auf kalkarmen, nährstoffarmen Standorten.

8.412 Verband der Berberitzen-Gebüsche (BERBERIDION)

Kennarten und Zeigerwerte:

	L	F	R	N
Gemeine Felsenbirne (Amelanchier ovalis)	7	3	x	3
Berberitze (Berberis vulgaris)	6	4	8	3
Liguster (Ligustrum vulgare)	7	x	8	x
Wein-Rose (Rosa rubiginosa)	7	3	8	3
Wolliger Schneeball (Viburnum lantana)	7	4	8	5
Apfel-Rose (Rosa villosa)	7	3	7	2

Vorkommen:

vorwiegend auf warmen, kalkhaltigen Standorten

8.3 Klasse der Sauren Eichen-Mischwälder (QUERCETEA ROBORIS)

8.311 Verband der Eichen-Birkenwälder (QUERCION ROBORIS)

Kennarten und Zeigerwerte:

	L	F	R	N
Stieleiche (Quercus robur)	(7)	x	x	x
Sandbirke (Betula pendula)	(7)	x	x	x
versch. Habichtskräuter (Hieracium div. spec.)				
z.B. Hieracium sabaudum	5	4	4	?
Hieracium umbellatum	6	4	4	2
Hieracium lachenalii	5	5	4	?
Hieracium laevigatum	7	5	?	2

Vorkommen:

auf basen- und nährstoffarmen Standorten (Sandböden), vorwiegend in Nordwestdeutschland. Stellt die natürliche Vegetation der nordwestdeutschen Heidelandschaft auf Sanböden dar.

Klasse der Erlenbrücher und Moorweidengebüsche (8.2 ALNETEA)

8.21 Ordnung der Erlenbrücher (ALNETALIA GLUTINOSAE)

Kennarten und Zeigerwerte:

	L	F	R	N
Sumpfreitgras (Calamagrostis canescens)	6	9~	5	5

8.211 Verband der Erlenbruchwälder (ALNION GLUTINOSAE)

Kennarten und Zeigerwerte:

	L	F	R	N
Schwarzerle (Alnus glutinosa)	(5)	9=	6	x
Schwarze Johannisbeere (Ribes nigrum)	4	9=	5	5
Bittersüßer Nachtschatten (Solanum dulcamara)	7	8~	x	8
Faulbaum (Fragula alnus)	6	x~	2	3
Gilbweiderich (Lysimachia vulgaris)	6	8~	x	x

Vorkommen:

häufig im nordwestdeutschen Tiefland auf nährstoffreichem, nassem Standort. Bildet die natürliche Verlandungsvegetation (äußerster Gürtel) von nährstoffreichen Gewässern.

8.22 Ordnung der Moorweidengebüsche (SALICETALIA AURITAE)

8.221 Verband der Ohrweiden-Faulbaum-Büsche (FRANGULO-SALICION)

Kennarten und Zeigerwerte:

	L	F	R	N
Ohrweide (Salix aurita)	7	8~	3	3
Grauweide (Salix cinerea)	7	9~	5	4
Lorbeerweide (Salix pentandra)	x	8~	6	4
Gagel-Strauch (Myrica gale)	8	9	3	2

Vorkommen:

Buschzone auf nassen, nährstoffärmeren bis nährstoffreichen Böden; Vorgesellschaften der Erlenbrücher. Weit verbreitet in Nordwestdeutschland.

8.1 Klasse der Weiden-Auengehölze (SALICETALIA PURPUREAE)

8.11 Ordnung der Purpurweide-Gesellschaften (SALICETALIA PURPUREAE)

Kennarten und Zeigerwerte:

	L	F	R	N
Purpurweide (Salix purpurea)	8	x=	8	x

8.111 Verband der Lavendelweiden-Gesellschaften (SALICION ELEANI)

Kennarten und Zeigerwerte:

	L	F	R	N
verschiedene Weiden-Arten:				
Reifweide (Salix daphnoides)	(6)	8~	8	4
Lavendelweide (Salix eleagnus)	7	7~	8	4
Schwarzweide (Salix nigricans)	7	7=	8	6

Vorkommen:

hauptsächlich an Alpenflüssen bis ins Vorland hinab, die uferbegleitende Vegetation bildend.

8.112 Verband der Weichholz-Auenwälder (SALICION ALBAE)

Kennarten und Zeigerwerte:

	L	F	R	N
Schwarzpappel (Populus nigra)	(5)	8=	7	7
Silberweide (Salix alba)	(5)	9=	8	7
Mandelweide (Salix triandra)	8	8=	8	5
Korbweide (Salix viminalis)	8	8=	8	x

Vorkommen:

in tieferen Lagen sehr weit verbreitet; in Tälern, an Flüssen, an Stellen mit häufigen Überflutungen; äußerer Gürtel zum Fluß hin.

Zur Verdeutlichung der oben beschriebenen Pflanzengesellschaftsverbände seien hier einige graphische Darstellungen angeführt, die zur raschen Orientierung des Vorkommens der zu erwartenden Gesellschaften dienen sollen.

Abb. 41: Waldarten in Deutschland (aus SCHMEIL 1962)

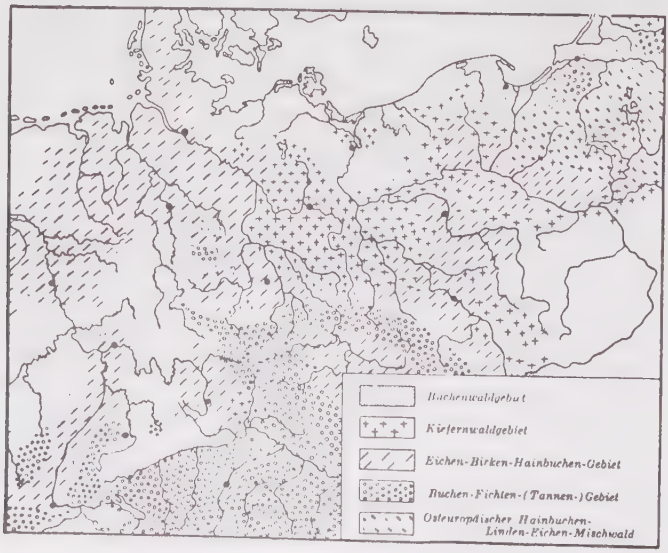
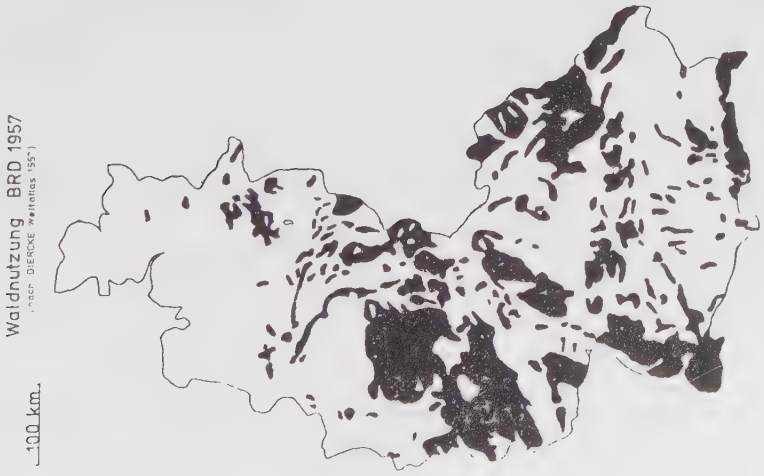


Abb. 42: Räumliche Verteilung der verschiedenen Waldtypen in Deutschland (hier BRD) nach der potentiellen natürlichen Vegetation – (nach: RUBNER/REINHOLD 1953)

Abb. 43: Wald in der BRD (nach: DIERCKE WELTATLAS 1957 und IRO-Bildatlas 1953)



In Abhängigkeit vom Standort hat ELLENBERG (1963) folgende Darstellung erarbeitet, in der die Bäume (Abb. 44) und Waldgesellschaften (Verbände) (Abb. 45) nach Bodenreaktion (R) und Bodenfeuchte (F) ihres Vorkommens angeordnet sind.

Abb. 44: Baumarten und Standortvorkommen

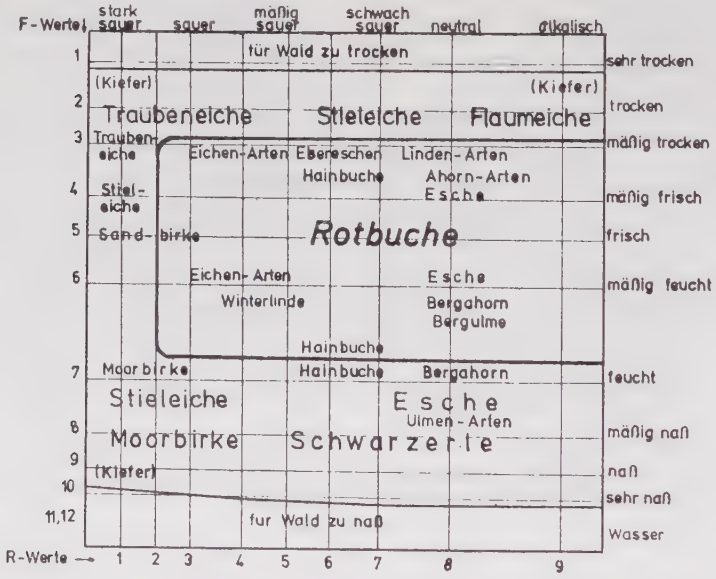
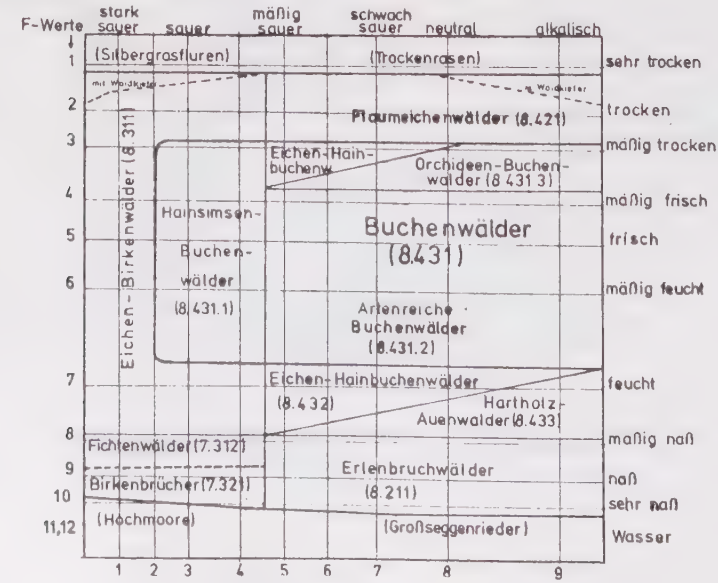


Abb. 45: Waldgesellschaften und Standortvorkommen



Die im vorliegenden Teil dargestellten Pflanzengesellschaften (systematische Einheit der Verbände) sollen eine Hilfe bei der praktischen Arbeit darstellen und einen Überblick über die Mannigfaltigkeit der waldverwandten Gesellschaften bieten. Sie stellen weiterhin den Grundstock für die weitere Arbeit dar.

3.3.) Möglichkeiten standortkundlicher Arbeiten im Lebensraum "Wald"

Bei der Besprechung der Bedeutung des Lebensraums "Wald" habe ich bereits viele Anregungen für praktische und theoretische Aufarbeitung gegeben. Sie sollten an dieser Stelle nochmals kurz aufgezeigt und auch differenziert werden.

3.3.1.) Möglichkeiten standortkundlicher Arbeit mit Schülern

Das didaktische Prinzip der "Begegnung mit dem originalen Objekt" (nach GRUPE) wird für die ökologische Behandlung des Themas "Lebensraum Wald" unumgänglich sein.

Eine Untersuchung der Lichtlinien und Lehrpläne für die Sekundarstufe I in NRW zeigt, daß durchgängig in allen Schularten (Hauptschule, Realschule, Gymnasium) dieses Thema zur unterrichtlichen Aufarbeitung, mit verschiedener Schwerpunktbildung, empfohlen ist.

Richtlinien (Hauptschule) NRW:
Themenkreis: Zusammenleben und Beziehung zwischen den Lebewesen
1. Thema: "Lebensraum Wald" in Klasse 5
2. Thema: "Bedeutung des Waldes" in Klasse 6
3. Thema: Biologisches Gleichgewicht in der Natur" in Klasse 7
4. Thema: "Biologische Schädlingsbekämpfung in der Natur" in Klasse 7
5. Thema: "Kreislauf der Stoffe" in Klasse 7
6. Thema: "Umweltschutz und Lebensweise in Klasse 9

Die Themen 3 bis 5 lassen sich am Beispiel des Waldes verdeutlichen.

Empfehlungen für den Unterricht in der Realschule für das Fach Biologie
Themenkreis: Gesetzmäßigkeiten im Ökosystem unserer Umwelt.....
1. Thema: "Ökosystem Wald" mit diversen Unterthemen (15 Std.)
   1.1) Verschiedene Waldformen und ihre Abhängigkeit von den Standortfaktoren
   1.2) Stockwerke des Waldes
   1.3) Waldbewirtschaftung
   1.4) Wald als Regelfaktor unserer Biosphäre
   1.5) Erholungswert des Waldes

SI Gymnasium "Biologie"-Unterrichtsempfehlungen
Klasse 7/8: B: Der Wald als Lebensgemeinschaft unter besonderer Berücksichtigung der Insekten

LZ: Der Schüler soll:
1. Den Wald als Lebensgemeinschaft kennenlernen, in der ein natürliches Gleichgewicht herrscht;
2. Darstellen können, welche Rolle die .....Insekten in einer natürlichen und einer künstlichen Pflanzengesellschaft (Monokultur) spielen;
3. Kenntnisse über den Wert des Waldes für den Wasserhaushalt, die Lufterneuerung und die Erholung des Menschen erwerben;
4. Folgen nennen können, die bei Eingriffen in das natürliche Gleichgewicht einer Lebensgemeinschaft entstehen.

Klasse 9/10: Wahlbereich
Aufbaukurs: Der Wald als Ökosystem
Inhalt: 1. Pflanzensoziologische Untersuchungen
2. Vergleich von Laubwald und Forst
3. Forstnutzung, Geschichte des Waldes in Mitteleuropa, Holzertrag und Bewirtschaftung, Jagd und jagdbare Tiere, Erholungswert des Waldes

Die thematische Schwerpunktbildung bei der Behandlung ist leider in jeder Schulart qualitativ und quantitativ unterschiedlich ausgeprägt.

Allen Empfehlungen gemeinsam ist der "Unterrichtsgang", ein "zugängliches Biotop" und die "Exkursion", d.h. also die praktische Geländearbeit.

Das Thema "Lebensraum Wald" kann unter den verschiedensten Aspekten behandelt werden, von denen hier Ansätze herausgegriffen und praktisch erörtert werden sollen:
1. Das Ökosystem "Wald" in seiner Zusammensetzung und die Abhängigkeit der Pflanzen vom Lichtfaktor als exemplarischem Standortfaktor (Kraut- und Strauchschicht).
2. Die Zeigerfunktion von Waldpflanzen für Bodenverhältnisse und die Anwendung der Zeigerwerte.
3. Der Vergleich von naturnahem Mischwald mit einem naturfremden Nadelholzforst und die ökonomisch-ökologische Bedeutung beider Waldformen für die Landschaft.
4. Die Bedeutung des Waldes/der Wallhecke (o.ä.) als Schutz für den Boden und die umliegende Landschaft.
5. Die Bedeutung des Waldes als Luftfilter und Lärmfilter (in enger Verknüpfung mit dem Windschutz).

Die praktische Behandlung dieser unterschiedlichen Aspekte kann mit einfachen und sachgerechten Hilfsmitteln in jedem Waldstück durchgeführt werden.

In der folgenden Literatur sind Anleitungen zu praktischen Arbeiten gegeben, die über die behandelten Themen hinausreichen:

DYLLA/KRÄTZNER : Das biologische Gleichgewicht
Heidelberg 1975 (Biologische Arbeitsbücher 9)
STEUBING/KUNZE : Pflanzenökologische Experimente zur Umweltverschmutzung
Heidelberg 1975 (Biologische Arbeitsbücher 11)

3.3.2.) Möglichkeiten standortkundlicher Arbeit mit Studenten und Lehrern

Die o.g. Aspekte sollten unter intensiven Intentionen auch in der Lehrerausbildung und -fortbildung Anwendung finden.

Ein besonderer Schwerpunkt in der standortkundlichen Arbeit mit Erwachsenen sollte jedoch die Feldarbeit sein, die in der Ausbildung an den Pädagogischen Hochschulen und Universitäten längere Zeit weitgehend vernachlässigt wurde. Die Studenten müssen mit den Feldmethoden vertraut gemacht werden und müssen u.U. als "Feldbiologen" an Ort und Stelle bei der Untersuchung Besonderheiten entdecken und bearbeiten. Dieses Können setzt jedoch intensive eigene Feldarbeit voraus.

3.4.) Exemplarische Untersuchung im Lebensraum "Wald"

Für die exemplarische Behandlung einer Thematik zum Lebensraum "Wald" wurde der Aspekt des "Ökosystems Wald" gewählt. Im Ökosystem Wald werden vor Ort die Vegetation erfaßt (Vegetationsaufnahmen) und einige Messungen zum Standort durchgeführt. Die anschließende Auswertung erfolgt dann in der Unterkunft (Schule oder Kursraum).

3.4.1.) Untersuchung von Rotbuchenwäldern unter besonderer Berücksichtigung des Lichtes als Ökofaktor

Die Rotbuchenwälder (Verband 8.431) eignen sich besonders gut für die Untersuchung, da die Rotbuche als Schattenholz einen starken Einfluß auf die übrige Vegetation hat.

3.4.1.1.) Hilfsmittel für die Untersuchung

Geräte: : Belichtungsmesser (Lux-Meter)
Schnüre, Holzpflöcke, 20 Koordinatenschilder (1-10), A-K) nach Abb. 46

Arb.-Mat. : Vegetationsaufnahmebögen, Schreibmaterial, Bestimmungsbücher* für Bäume/Sträucher, Kräuter und Gräser (evtl. noch Moose und Farne), Vordrucke für Licht- und Vegetationskarten

Abb. 46: Koordinatenschilder für Lichtkartierung (markieren jede Teilprobefläche eindeutig durch 2 Koordinaten)

Plastikschild (10 x 10 cm) oder Bierdeckel (10 x 10 cm) mit weißem Papier beklebt, beschriftet und mit Klarsichtfolie überzogen
Holzlatte (22 cm lang)
Nagel (oder anspitzen)

*) Kräuter: FITTER/FITTER/BLAMEY: Parey's Blumenbuch
Bäume : AMANN: Bäume und Sträucher des Waldes
Gräser : AICHELE/SCHWEGLER: Unsere Gräser
Moose/Farne: AICHELE/SCHWEGLER: Unsere Moos- und Farnpflanzen

3.4.1.2 Vorbereitung der Untersuchung

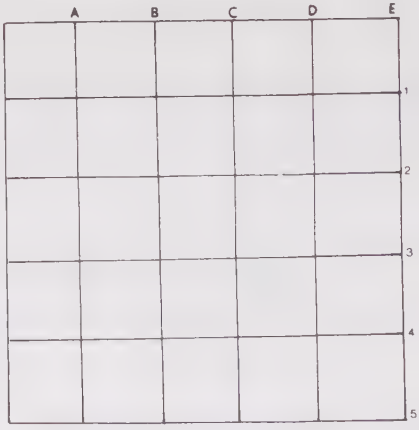
Innerhalb der Waldfläche wird eine Stelle mit homogener Pflanzendecke gesucht und als 10 x 10 m (evtl. 5 x 5 m) Probefläche mit 4 Holzpfählen gekennzeichnet. Die Schnur wird um alle 4 Markierungen herumgezogen (= 40 m Schnur). Somit ist die Probefläche für die Vegetationsaufnahme vorbereitet. Für die Lichtkartierung werden nun an 2 Seiten des Quadrates die Koordinatentafeln (1-10 und A-K) in 1-m-Abständen eingesteckt. Dadurch wird die Gesamtprobefläche in 100 Einzelflächen unterteilt, die

a) besser kartiert werden können (Eintragen der Pflanzen)
b) die Lichtmeß-Punkte markieren (kann zahlenmäßig bei Bedarf reduziert werden).

Eine zweite Möglichkeit (besonders für Schüler) besteht darin, anstelle der Koordinatentafeln in 2-m-Abständen Schnüre über die Probefläche zu spannen und diese somit wie durch ein Gitternetz in kleinere Einzelflächen zu unterteilen (Abb. 47). An den Schnittpunkten des Gitters bzw. der Koordinatenwerte wird nach der Kartierung (Einzeichnung der Pflanzenverteilung) die Beleuchtungsstärke gemessen.

Abb. 47: Untersuchungsfläche mit Koordinatentafeln

Untersuchungsfläche mit "Gitternetz"



3.4.1.3 Methoden

Vegetationsaufnahme nach BRAUN-BLANQUET,

Anfertigung einer Karte der Pflanzenverteilung

3.4.1.4 Durchführung

Zunächst wird in der Probefläche eine Vegetationsaufnahme nach BRAUN-BLANQUET durchgeführt, die die Basis für die weitere Arbeit darstellt. Bei der Aufnahme werden die vorkommenden Pflanzenarten bestimmt und ihre Deckungsgrade ermittelt (Tabelle 35).

Dann werden die Pflanzenarten in ihrer Verteilung in der Probefläche mehr oder weniger schematisch flächenhaft eingetragen (mit Symbol oder Kennziffer) (Abb. 48). Ist die Pflanzenkarte erstellt, wird die Lichtmessung durchgeführt. Dabei ist zu beachten, daß mindestens zwei Belichtungsmesser oder Lux-Meter benötigt werden. Ein Belichtungsmesser (Lux-Meter) wird außerhalb des Bestandes (freies Wiesengelände oder größere Lichtung) für die Gesamtbeleuchtung (= 100 %) aufgebaut, wobei die Meßfläche senkrecht nach oben zeigen soll; die Meßwerte werden in kurzen zeitlichen Abständen notiert. Diese Werte ergeben (nach der Auswertung) die Schwankungen der Beleuchtung oder Beschattung (= 100 % Beleuchtung).

Im Innern des Bestandes wird mit dem zweiten Belichtungsmesser (Lux-Meter) die Beleuchtung an den Schnittpunkten oder Koordinaten bzw. des Gitternetzes bestimmt (Meßzelle in Höhe der Krautschicht senkrecht nach oben halten). Die gemessenen Lichtwerte werden zunächst in die Lichtkarte eingetragen (Abb. 49).

3.4.1.5 Variationen

Je nach zeitlicher Disposition und Fragestellung kann die Lichtmessung variiert werden. Es kann zunächst die Zahl der Meßpunkte reduziert werden, z.B. auf fünf Punkte: die 4 Begrenzungspunkte der Probefläche und das Zentrum (Schnittpunkt der Diagonalen ermittelt mit zwei Hilfsschnüren).

Eine andere Möglichkeit der Messung kann darin bestehen, daß z.B. an den Standorten einzelner Pflanzenarten (z.B. Waldveilchen, Sauerklee o.ä.) die Beleuchtungsintensität gemessen und in einer Karte vermerkt wird. Wichtig ist dabei aber, daß

1. die Messungen in der gleichen Meßhöhe vom Boden durchgeführt werden, damit sich vergleichbare Ergebnisse erzielen lassen;
2. die Bezugsmessung außerhalb des Bestandes korrekt und kontinuierlich durchgeführt wird, damit die im Bestand gemessenen Werte vergleichbar und umrechenbar sind.

Die Aufarbeitung der Meßergebnisse und Vegetationsaufnahme erfolgt im Labor/Kursraum/Klassenraum.

Tabelle 35: Vegetationsaufnahme eines Hainbuchenwaldes

VEGETATIONSAUFNAHME eines.....

(Schätzungsverfahren nach BRAUN – BLANQUET)

Bearbeiter: Simbrey

Lfd.-Nr.: 3 Datum: 10.6.1977 Ort: Günne/Möhnesee

Karte: MTB Gebiet: Fläche: 100 m^2

Meereshöhe: Ü.NN Lage im Gelände: nördl. Scheune

Neigung: Exposition:

Baumschicht: 70 % Strauchschicht: 30 % Krautschicht: 60 %

Bodenbeschaffenheit: Parabraunerde pseudovergleyt; A-Gestein: Kalksandstein

Bemerkungen: Aufnahme zur Lichtkarte

Artenliste:

	Art	Deckgrad. Vitalität	Gesell. + Dichte	LF	Phän.	besond. Vorkommen
MP	Betula pendula	2				
	Corylus avellana	2				
NP	Crataegus spec.	1				
	Corylus avellana	2				
Kräuter:	Anemone nemorosa	1				
	Oxalis acetosella	2				
	Glechoma hederacea	+				
	Deschampsia flexuosa	1				
	Luzula luzuloides	1				
	Poa nemoralis	1				
	Viola reichenbachiana	1				
	Dryopteris carthusiana	+				
	Convallaria majalis	+				
	Polygonatum multiflorum	r				
	Lamiastrum galeobdolon	r				
	Poa chaixi	+				
	Milium effusum	2				

Gesellschaft:

Abb. 48: Vegetatioskarte eines Hainbuchenwaldes

Datum: 10.6.77 Standort: Günne / Möhnesee

☐ Lichtkarte Nr.: Bearbeiter:

☒ Veg.-Karte Nr.: 16 Exposition: Neigung:

Artenschlüssel:

1= Sandbirke	8= Hainrispengras	15= Waldziest	
2= Haselnuß	9= Gundermann	16= Geschl. Schmiele	
3= Traubeneiche	10= Flattergras	17= Feldahorn	
4= Weißdorn	11= Wurmfarn	18= Große Sternmiere	
5= Buschwindröschen	12= Waldveilchen	19=	
6= Waldsauerklee	13= Vielbl. Weißwurz	20=	
7= Maiglöckchen	14= Waldrispengras	21=	

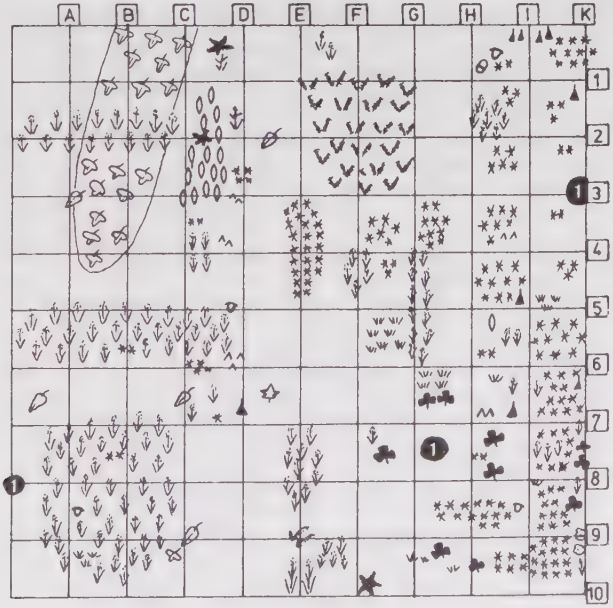


Abb. 49: Lichtkarte zur Abb. 48 (direkte Meßwerte)

Datum: 10.6.1977 Standort: Günne/ Möhnesee

[X] Lichtkarte Nr.: Bearbeiter:

[ ] Veg.-Karte Nr.: Exposition: Neigung:

Artenschlüssel: Lux-Werte der Geländemessung

1= 8= 15=

2= 9= 16=

3= 10= 17=

4= 11= 18=

5= 12= 19=

6= 13= 20=

7= 14= 21=

A	B	C	D	E	F	G	H	I	K	
1100	1100	400	2400	1700	6300	4000	1900	1200	800	1
1500	2300	900	1500	2500	15000	1300	5200	900	900	2
1600	2200	1300	4500	2200	1900	1400	1700	1000	900	3
2500	3400	2100	2500	1300	1000	1000	1000	800	1000	4
1900	5200	1300	1200	1200	1200	1100	1300	1300	1100	5
1500	1700	2200	3500	1900	1300	900	5800	4500	2200	6
700	3400	900	4700	1100	5300	1700	2700	7700	1200	7
1500	1000	1400	1100	1100	7200	6700	1400	2400	2500	8
800	700	6500	1600	1000	1500	800	1400	2800	2000	9
1100	1300	1100	1300	2200	1700	900	1400	1200	1700	10

Abb. 50: Isophotenkarte zur Abb. 49

Datum: Standort:

☐ Lichtkarte Nr.: Bearbeiter:

☐ Veg-Karte Nr.: Exposition: Neigung:

Artenschlüssel:

1= 8= 15=

2= 9= 16=

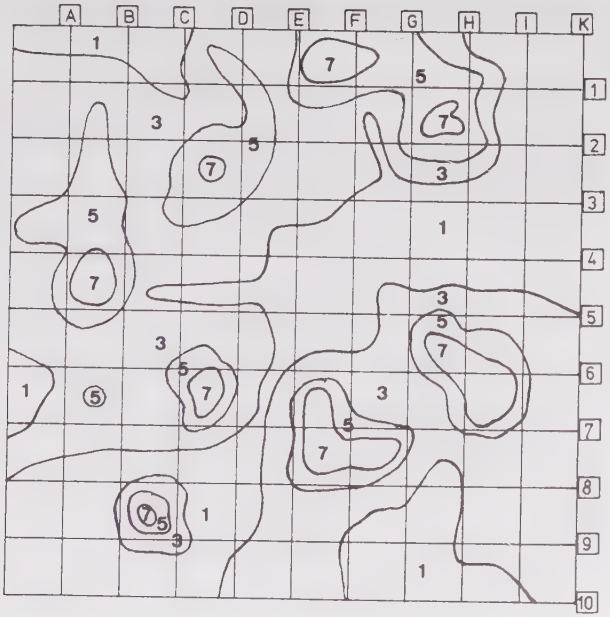
3= 10= 17=

4= 11= 18=

5= 12= 19=

6= 13= 20=

7= 14= 21=



3.4.1.6.) Aufarbeitung und Darstellung der Ergebnisse

Die als Beispiel dargestellte Lichtkarte (mit zugehöriger Vegetationskarte) wird nun zunächst umgeschrieben und umgerechnet in Prozentanteile des durchfallenden Lichtes nach der Formel

$$\frac{\text{innen gemessenes Licht (Lux)} \times 100}{\text{Außenlicht}} = \% \text{ Beleuchtung}$$

Die so ermittelten %-Werte werden in ein zweites Formblatt "Lichtkarte" eingetragen. Die anschließende graphische (bzw. rechnerishce) Interpolation dient dazu, die Linien gleicher Lichtintensität (Isophoten) in abnehmender Stufung zu erhalten. Durch die Isophoten werden bestimmte Flächen gleicher Beleuchtung erarbeitet, die dann zur Auswertung benötigt werden.

Abb. 50 zeigt eine solche Isophotenkarte der o.g. Beispielsfläche. Je nach vorliegenden Lichtwerten kann die Wahl der Bereiche variieren; dies ist abhängig von

- der Fragestellung
- der Genauigkeit der Messung
- der Übersichtlichkeit der Karte.

Die von ELLENBERG benutzten Werte und Signaturen umfassen insgesamt 28 Bereiche, die mit abnehmender Lichtintensität sehr stark differenziert sind (Tabelle 36).

Tabelle 36: Lichtgenußbereiche und Isophotenzonen (nach: ELLENBERG 1939 aus: STEUBING 1963)

%-Licht	Zone
< 0,75	I
0,75 – 1	II
1 – 1,5	III
1,5 – 2	IV
2,0 – 2,5	V
2,5 – 3	VI
3,0 – 3,5	VII
3,5 – 4	VIII
4,0 – 4,5	IX
4,5 – 5	X
5,0 – 5,5	XI

%-Licht	Zone
5,5 – 6	XII
6,0 – 6,5	XIII
6,5 – 7	XIV
7,0 – 7,5	XV
7,5 – 8	XVI
8,0 – 8,5	XVII
8,5 – 9	XVIII
9,0 – 9,5	XIX
9,5 – 10	XX
10 – 20	XXI

%-Licht	Zone
20 – 30	XXII
30 – 40	XXIII
40 – 50	XXIV
50 – 60	XXV
60 – 70	XXVI
70 – 80	XXVII
> 80	XXVIII

Nach eigenen Erfahrungen hat es sich als nützlich erwiesen, sich in etwa an dieser Aufgliederung zu orientieren, wobei folgende Prozentwerte in den meisten Fällen ausreichten:

von 1 – 10 % Lichtgenuß wurden 1 %-Bereiche gewählt
von 10 – 100 % Lichtgenuß wurden 10 %-Bereiche gewählt

somit kommt man auf maximal 20 Bereiche. In Flächen mit stark wechselnder Lichtintensität kann jedoch durch die Vielzahl der Linien leicht eine schwer übersichtliche Karte entstehen, die durch entsprechende größere Wahl der Bereiche derart vereinfacht werden kann, daß sie übersichtlich wird und trotzdem die für die Auswertung wichtigen Lichtzonen darstellt.

Da die Wahl der Bereiche variieren kann, wird bei allen dargestellten Lichtkarten die Legende beigefügt.

Nach der Erstellung der Isophotenkarte (Abb. 50) wird diese ohne Raster (Gitter) und Zwischenwerte auf eine Overheadfolie oder Transparentpapier übertragen, so daß sie auf die Vegetationskarte gelegt werden kann. Dann notiert man die Vorkommen in den einzelnen Lichtzonen in Tabellen und erkennt dann die bevorzugten bzw. gemiedenen Licht- oder Schattenbereiche der einzelnen Arten (Tabelle 37).

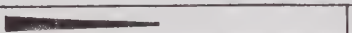
Tabelle 37: Auswertungstabelle der Abbildungen 48 + 49

Pflanzenart/Lichtzone	Punkt. Vork. 1	3	5	7	>7	Flächenvork.*(%) 1	3	5	7	>7	L (ELL**)
Betula pendula			x			33	33	33	–	–	(7)
Corylus avellana	x		x			40	40	20	–	–	6
Quercus petraea											(6)
Crataegus spec.	(x)	x	(x)								6-7
Anemone nemorosa	x	x	x			50,4	40,5	9,1	–	–	x
Oxalis acetosella	x	x	x	x		22	44	22	11	–	1
Convallaria majalis		x	x			–	25	25	50	–	5
Poa nemoralis		x	x			–	100	–	–	–	5
Glechoma hederacea		x				–	100	–	–	–	6
Milium effusum	x	x	x	x		41	41	16,6	1,2		4
Dryopteris filix-mas	x		x			50	–	50	–	–	3
Viola reichenbachiana	x	x	x	x		16	32	32	16	–	4
Polygonatum multiflorum		x				–	100	–	–	–	3
Stachys silvatica	x	x				42	28	14	14	–	4
Deschampsia flexuosa	x	x	x		x	44	33	11	11	–	6
Acer campestre juv.	x					100	–	–	–	–	(5)
Stellaria holostea		x				167	70,0	12,5	–	–	5
Lamiastrum galeobdolon	x					100	–	–	–	–	2
Luzula luzuloides											4
Hieracium silvaticum		x				–	100	–	–	–	4
Fagus silvatica juv.											(3)
Quercus spec. juv.		x				–	100	–	–	–	(7)-(7)
Poa chaixi		x				–	100	–	–	–	6

LZ: 1 ≙ 0 – 2 % 7 ≙ 6 – 8 %
3 ≙ 2 – 4 % > 7 ≙ > 8 %
5 ≙ 4 – 6 %

*) Flächen planimetriert

Tabelle 38: Tabelle zum Lichtgenuß der Pflanzenarten zur Lichtkarte

0 1 2 3 4 5 6 7 8	% Lichtgenuß	L
	Anemone nemorosa	x
	Oxalis acetosella	1
	Milium effusum	4
	Dryopteris filix-mas	3
	Viola reichenbachiana	4
	Stachys silvatica	4
	Deschampsia flexuosa	6
	Acer campestre (Keimlinge)	(5)
	Lamium galeobdolon	2
	Convallaria majalis	5
	Poa nemoralis	5
	Glechoma hederacea	6
	Stellaria holostea	5
	Hieracium silvaticum	4
	Quercus spec. (Keimlinge)	(6)-(7)
	Poa chaixi	6
	Corylus avellana (J)	6
	Betula pendula (J)	(7)
	Polygonatum multiflorum	2

Durch Ausplanimetrieren (Flächenanteil-Bestimmung) der Vegetations- und Lichtkarte mit Transparent-Millimeterpapier ergab sich folgendes Bild:

Hohe Beschattung (bis 98 %) ertragen folgende Pflanzenarten am gegebenen Standort:

Buschwindröschen (Anemone nemorosa 50 %)
Dryopteris filix-mas (Wurmfarn 50 %)
Geschl. Schmiele (Deschampsia flexuosa 44 %)
Flattergras (Milium effusum)

Schattenpflanzen (bis 95 % ≙ Zone 3 + 5):

Sauerklee (Oxalis acetosella)
Hainrispengras (Poa nemoralis)
Gundermann (Glechoma hederacea)
Flattergras (Milium effusum)
Waldveilchen (Viola reichenbachiana)
Vielbl. Weißwurz (Polygonatum multiflorum)
Sternmiere (Stellaria holostea)
Waldhabichtskraut (Hieracium silvaticum)

Eine ungefähre Zuordnung der ELLENBERG schen Zeigerwerte für Licht ermöglicht die Messung ebenfalls (siehe dazu Tabelle in Spalte L)!

Wie die weiteren Untersuchungen und Auswertungen zeigen, lassen sich aus solchen Lichtkarten recht brauchbare Ergebnisse erarbeiten, wobei natürlich der Standort der Aufnahme entscheidend mitwirkt.

Bei einer näheren Untersuchung ergaben sich für das Waldveilchen (Viola reichenbachiana) und für Sauerklee (Oxalis acetosella) durch Punktmessung direkt am Standort in Höhe der Pflanzen folgende Werte:

Tabelle 39:

Einstrahlung außen: 60.000 Lx (≈ 100 %)

Sauerklee	310 Lx (0,5%)	280 Lx (0,46%)	240 Lx (0,4%)	310 Lx (0,5%)	350 Lx (0,6%)
Waldveilchen	340 Lx (0,56%)	330 Lx (0,55%)	350 Lx (0,58%)	410 Lx (0,68%)	

Diese hohen Beschattungswerte (> 99 %) lassen darauf schließen, daß diese beiden Pflanzenarten in hohem Maße spezialisiert sind auf Standorte, die durch ihren geringen Lichtgenuß für die übrigen Pflanzenarten nicht besiedelbar sind und somit dem Sauerklee und dem Waldveilchen konkurrenzlos zur Verfügung stehen. Nach ELLENBERG 1974) ist der Waldsauerklee die einzige Pflanze mit dem Lichtzeigerwert 1 (d.h. Tiefschattenpflanze).

Wie einige Untersuchungen jedoch zeigen, scheinen die ökologischen Amplituden einzelner Pflanzenarten so weit zu reichen, daß der Tiefschatten von ihnen besiedelt werden kann, ohne daß größere Mangelerscheinungen sichtbar sind.

Für Schüler und Studenten ist die Lichtkartierung eine Methode, die verdeutlichen soll, wie die Zeigerwerte, die ELLENBERG (1974) veröffentlicht hat, erarbeitet worden sind.

Datum: 11.5.76 Standort: Hagen

[x] Lichtkarte Nr.: 4 Bearbeiter: Simbrey

[ ] Veg.-Karte Nr.: Exposition: Neigung:

Artenschlüssel: Lichtzonen in % durchfallendem Licht

1= 0,75 %	8=	15=
2= 0,75 - 1 %	9=	16=
3= 1,1 - 1,5%	10=	17=
4= 1,6 - 2 %	11=	18=
5= 2,1 - 2,5%	12=	19=
6= 2,5 - 3 %	13=	20=
7=	14=	21=

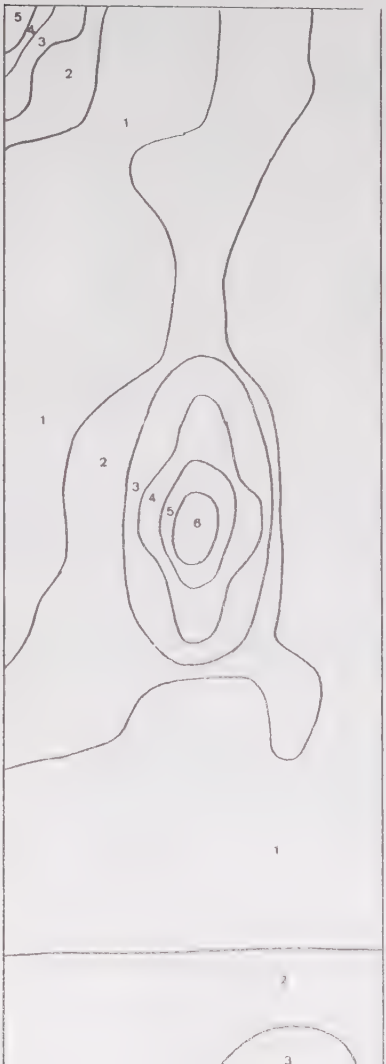


Abb. 51a:

Lichtkarte eines Kalk-Buchenwaldes

Datum: 11.5.76 Standort: Hagen

☐ Lichtkarte Nr.: Bearbeiter: Simbrey

☒ Veg-Karte Nr.: 4 Exposition: Neigung:

Artenschlüssel:

1= ❶ Rotbuche	8= Aronstab	15=
2= Spitzahorn	9= Rupr.Storch.	16=
3= Schw.Holunder	10= Gam.-Ehrenpr.	17=
4= Efeu	11= Weißdorn	18=
5= Maiglöckchen	12= Nabelmiere	19=
6= Stechpalme	13= Brombeere	20=
7= Sanikel	14=	21=

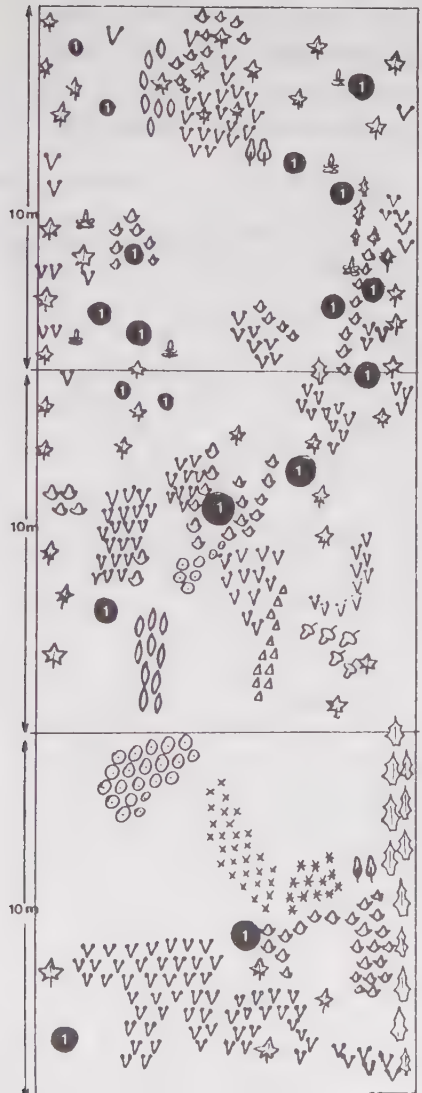


Abb. 51b:

Vegetationskarte eines Kalk-Buchenwaldes

Datum: 11.5.76 Standort: Hagen

☒ Lichtkarte Nr.: 11 Bearbeiter: Simbrey

☐ Veg-Karte Nr.: Exposition: Neigung:

Artenschlüssel: Lichtzonen in % durchfallendem Licht

1= 2,5 %	8=	15=
2= 2,5 – 5 %	9=	16=
3= 5,1 – 7,5 %	10=	17=
4= 7,6 – 10 %	11=	18=
5= 11 – 50 %	12=	19=
6= 50 %	13=	20=
7=	14=	21=

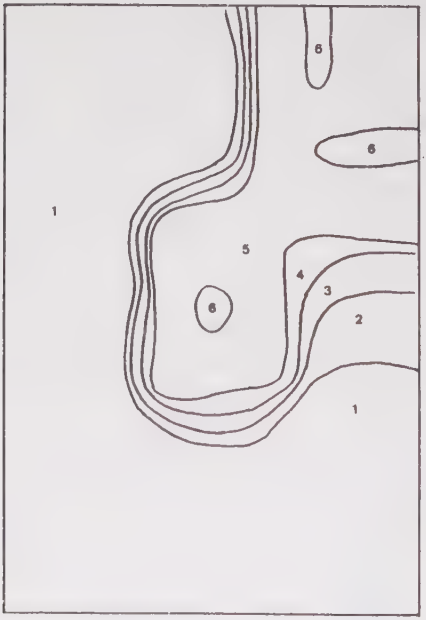


Abb. 52a: Lichtkarte eines Kalk-Buchenwaldes

Datum: 11.5.76 Standort: Hagen

☐ Lichtkarte Nr.: Bearbeiter: Simbrey

☒ Veg-Karte Nr.: 11 Exposition: Neigung:

Artenschlüssel:

1=(1) Rotbuche	8= ⊙ Rupr.-Storchs.	15= Stechpalme
2= Efeu	9= Gräser	16= Traubeneiche (59)
3= Löwenzahn	10= Sauerklee	17= Gr.Brennessel
4= Walderdbeere	11= Brombeere	18= Zaunwicke
5= Buschwindrösch.	12= Lorbeerweide	19= Spitzahorn
6= Sanikel	13= Gamander-Ehr.	20= Weißdorn
7= Maiglöckchen	14= Waldveilchen	21= Schw. Holunder

22= Bergahorn 23= Aronstab 24= (55) Sauerkirsche

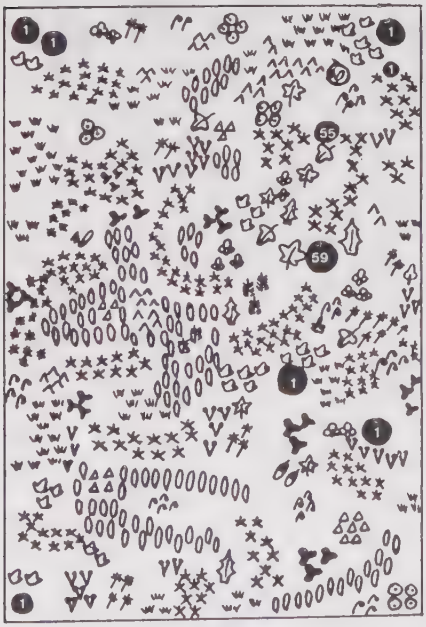


Abb. 52b: Vegetationskarte eines Kalk-Buchenwaldes

Datum: 22.6.76 Standort: Hagen-Holthausen

☒ Lichtkarte Nr.: 15 Bearbeiter: Simbrey

☐ Veg.-Karte Nr.: Exposition: Neigung:

Artenschlüssel: Lichtzonen in % durchfallendem Licht

1= 2,5 %	8=	15=
2= 2,5 – 5 %	9=	16=
3= 5,1 – 7,5 %	10=	17=
4= 7,6 – 10 %	11=	18=
5= 11 – 50 %	12=	19=
6= 50 %	13=	20=
7=	14=	21=

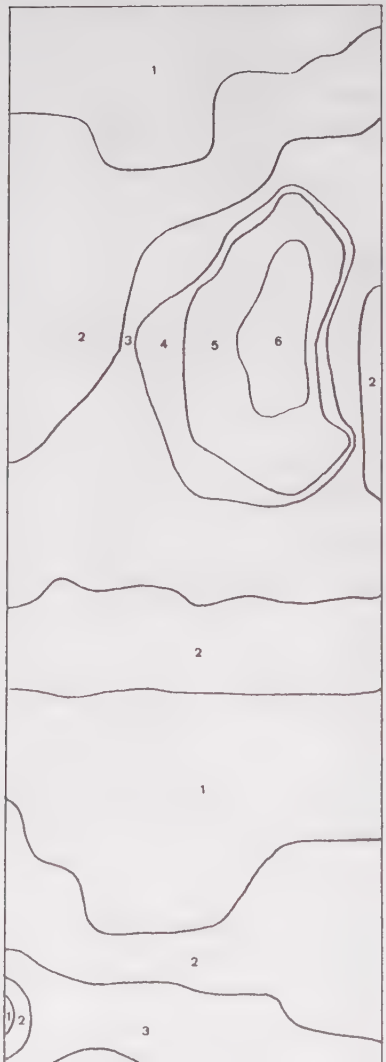


Abb. 53a: Lichtkarte eines artenarmen Buchenwaldes

Datum: 22.6.76 Standort: Hagen-Holthausen

☐ Lichtkarte Nr.: Bearbeiter: Simbrey

☒ Veg.-Karte Nr.: 15 Exposition: Neigung:

Artenschlüssel:

1= Rotbuche	8= Waldhainsimse	15= Moose
2= Brombeere	9= Weidenrösch.	16=
3= Wurmfarn	10= Beh.Hartheu	17=
4= Waldveilchen	11= Hasenlattich	18=
5= Weißdorn	12= Stieleiche	19=
6= Sauerklee	13= Hainkreuzkraut	20=
7= Behaarte Simse	14= Schwarzerle	21=

Abb. 53b: Vegetationskarte eines artenarmen Buchenwaldes

Abb. 54a: Lichtkarte eines Hainbuchenwaldes

Datum: 24.6.77 Standort: Theiningsen/Möhnesee

[x] Lichtkarte Nr.: 19 Bearbeiter: Simbrey

[ ] Veg-Karte Nr.: Exposition: Neigung:

Artenschlüssel: Lichtzonen in % durchfallendem Licht

1= 0 – 1 %	8=	15=
2= 1 – 1,5 %	9=	16=
3= 1,5 – 2 %	10=	17=
4= 2 – 3 %	11=	18=
5= 3 – 4 %	12=	19=
6=	13=	20=
7=	14=	21=

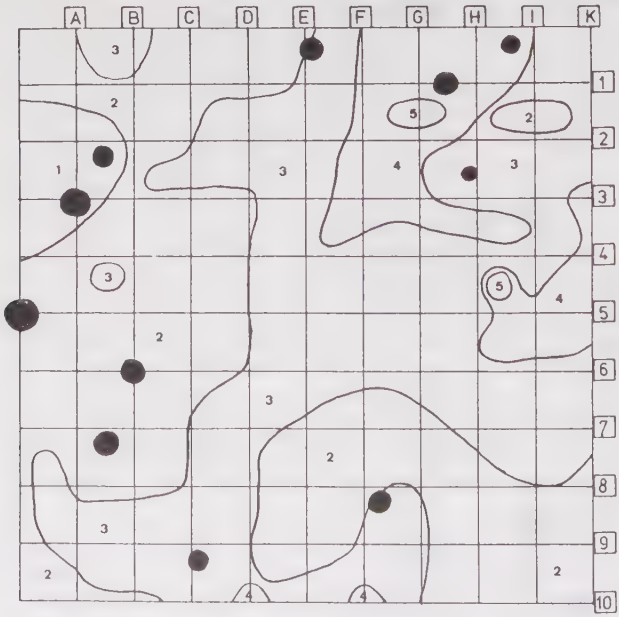


Abb. 54b: Vegetationskarte eines Hainbuchenwaldes

Datum: 24.6.77 Standort: Theiningsen/Möhnesee

☐ Lichtkarte Nr.: Bearbeiter: Simbrey

☒ Veg-Karte Nr.: 19 Exposition: Neigung:

Artenschlüssel:

1= Holunder (K)	8= –	15= Goldnessel
2= Brombeere	9= Feldahorn	16= –
3= Buschwindrösch.	10= –	17= Hainbuche (K)
4= Waldveilchen	11= Flattergras	18= Stieleiche
5= Sauerklee	12= Vielbl.Weißw.	19= Haselnuß
6= Waldgeißblatt	13= Sandbirke	20=
7= Frauenfarn	14= Weißdorn	21=

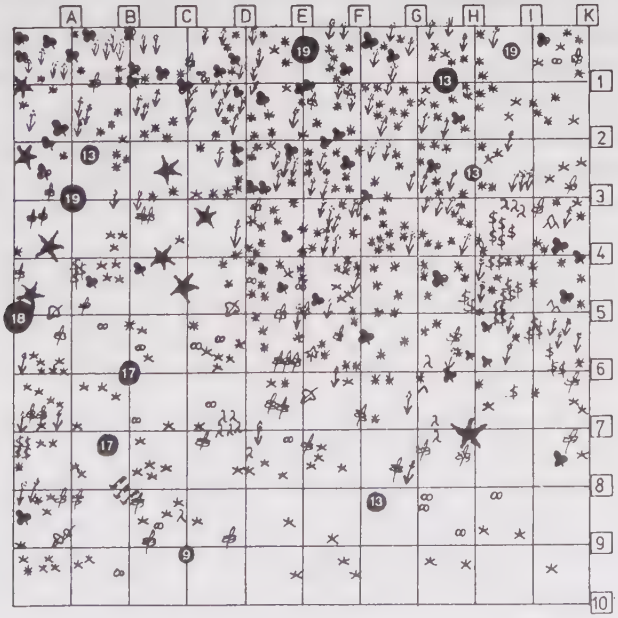


Tabelle 40: Lichtgenuß von Bäumen (Jungwuchs) und Sträuchern eines Waldstückes in einem Park

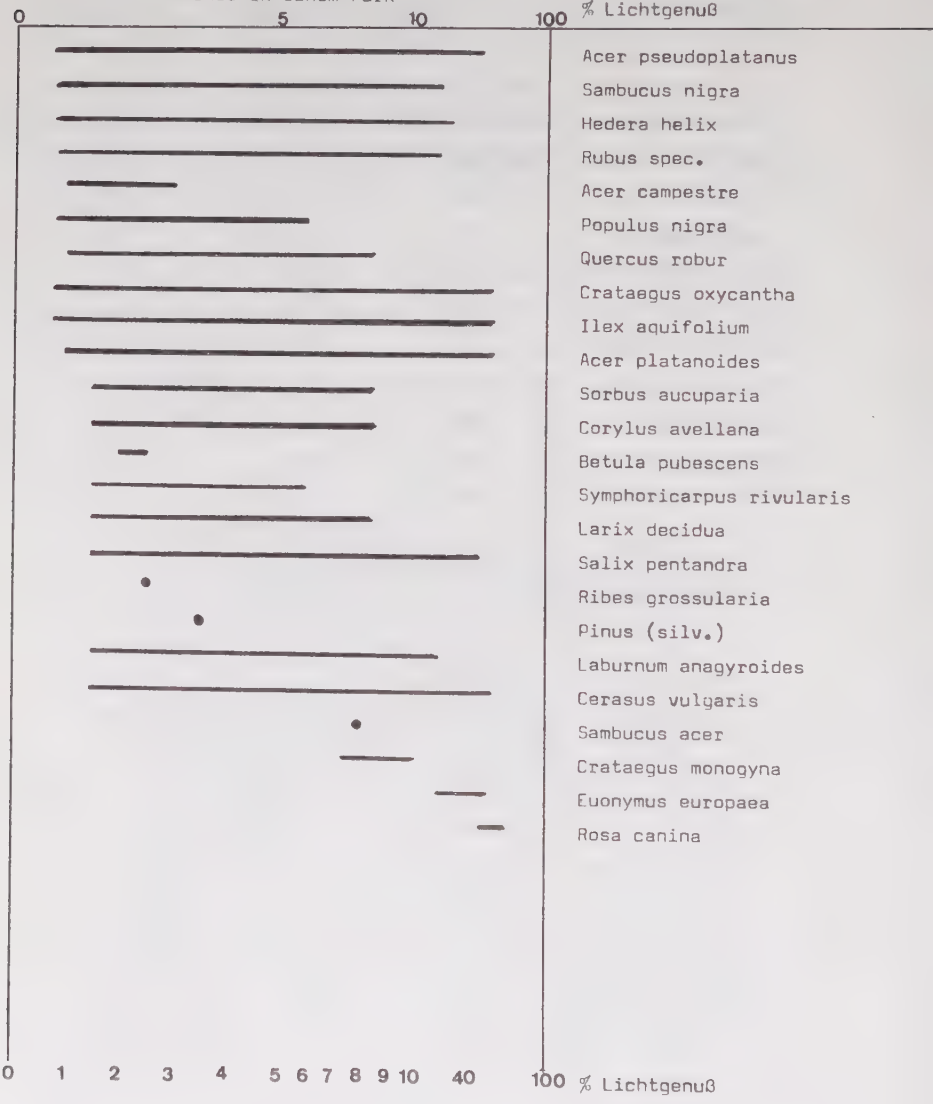
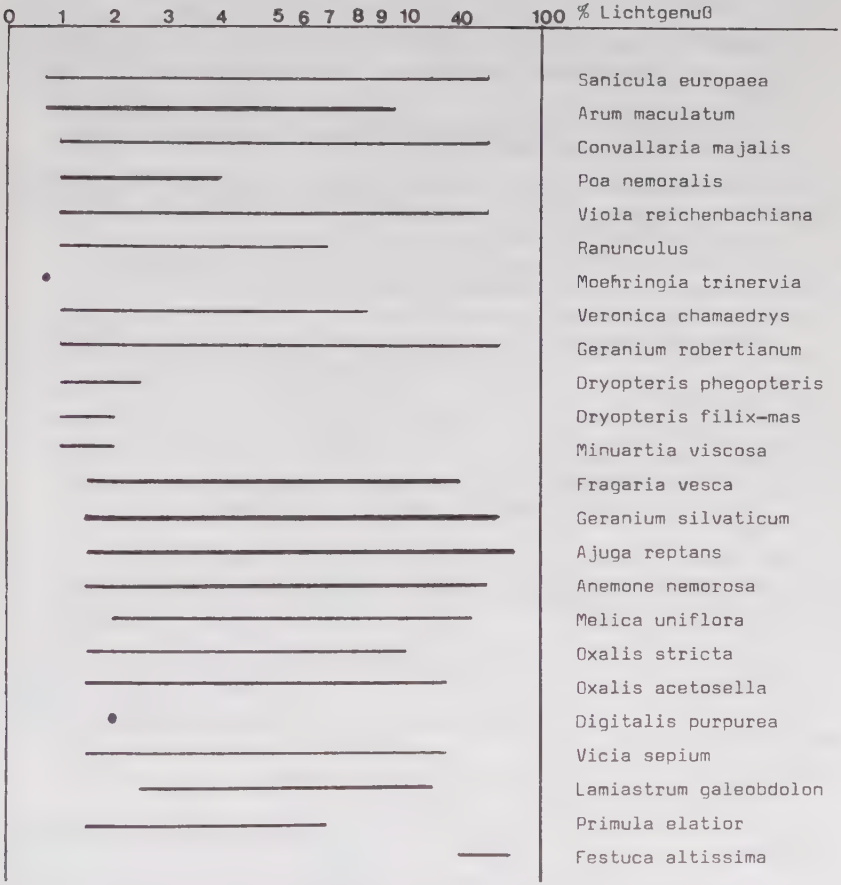


Tabelle 41: Lichtgenuß der Kräuter eines Kalkbuchenwaldes in einem Park



Durch den Vergleich der Bodenvegetation im Wald mit der außerhalb des Bestandes oder im Idealfall in einem benachbarten anderen Bestand in Verbindung mit den Lichtwerten kann nun das Licht als maßgeblicher Standortfaktor für die Pflanzen herausgearbeitet werden.

Weiterhin wird durch die Auswertung der Karten klar, daß die ökologische Lichtamplitude der einzelnen Pflanzenarten verschieden breit ist (Tab. 40 und 41) und die einzelnen Arten somit mehr oder weniger in der Lage sind, auf extreme dunkle Standorte bei starker Konkurrenz auszuweichen (Besiedelung der ökologischen Nische).

Im Zusammenhang mit der Lichtkartierung im Lebensraum "Wald" lassen sich folgende Ziele bzw. Begriffe erarbeiten (in Anlehnung an die "Empfehlungen für den Unterricht der Realschule für das Fach Biologie", NRW):

Standortfaktor(en) wirken auf die Lebewesen (Pflanzen) als abiotische Faktoren.

Die Lebewesen beeinflussen sich gegenseitig (durch Beschattung - ein biotischer Faktor).

Bei starker Konkurrenz weichen Lebewesen in bestimmte (extreme) Teilräume des Systems aus (ökologische Nische).

Die Pflanzen eines Waldes bilden eine oder mehrere Pflanzengesellschaft(en) (Gemeinschaft), die durch ihre Zusammensetzung Zeiger für bestimmte Standortfaktoren (in diesem Falle Licht) darstellen.

Bei der praktischen Arbeit werden wissenschaftliche Methoden geübt, die stark vereinfacht sind und dennoch sachgerecht sind.

3.4.2.) Untersuchung von Bodenpflanzen zur Kennzeichnung von Boden- und Standortverhältnissen

Die Erkenntnis, daß Pflanzen und Tiere häufig als sogenannte Bioindikatoren (Anzeiger) anzusprechen sind, ist in vielen Fällen wissenschaftlich gesichert und unbestritten. Die Vermittlung solcher Kenntnisse ist jedoch unzureichend. Forschungsergebnisse haben in der fachdidaktischen Literatur der Biologie noch keinen der Bedeutung der Erkenntnisse entsprechenden Einlaß gefunden.

Die exemplarische Durchführung von Felduntersuchungen im Lebensraum Wald unter verschiedenen Fragestellungen soll Anregungen für einen handlungsorientierten Biologieunterricht geben. Folgende didaktische Aspekte wurden untersucht:

- Im Ökosystem "Wald" sind die Pflanzen stark vom Licht als Standortfaktor abhängig.
- Waldpflanzen zeigen die Standortverhältnisse im Wald an (Bodennährstoffgehalt, Bodenreaktion).
- Naturnaher Mischwald und künstlicher Forst unterscheiden sich hinsichtlich ihrer ökonomisch-ökologischen Bedeutung.
- Wald und Hecke schützen die umliegende Landschaft vor starken Witterungseinflüssen.
- Wald hat wichtige Erholungsfunktion und Filterfunktion in der heutigen verschmutzten Umwelt.

Die Arbeitsmöglichkeiten im Lebensraum Wald sind mit den vorgestellten Untersuchungsmöglichkeiten keinesfalls erschöpft; die Untersuchungen sollen jedoch zu weiteren Arbeiten anregen.

Die Auswahl der Untersuchungsmethoden ist so getroffen, daß jeder Lehrer oder Dozent Anregungen erhält, mit einfachen Hilfsmitteln wissenschaftliche Untersuchungen durchzuführen.

Weiterhin werden dem Interessierten im Text und im Anhang Tabellen und Graphiken von Untersuchungen zu Vergleichs- oder Erweiterungszwecken angeboten.

Die Bioindikatoren als Anzeiger für Umwelteinflüsse haben zwei herausragende Vorteile gegenüber chemischen Untersuchungsmethoden:

1) Bioindikatoren zeigen den Umwelteinfluß (z.B. Verschmutzung) kontinuierlich über größere Zeiträume an; chemisch-physikalische Untersuchungsmethoden liefern nur momentane Ergebnisse.

2) Der Aufwand bei der Untersuchung mit Bioindikatoren ist sowohl zeitlich als auch materiell geringer.

Nachteil: Eine quantitative Erfassung des Einflusses ist meist nicht möglich. Die chemische Untersuchung muß also für die Erfassung der Einflußmenge herangezogen werden.

Grundsätzlich kann jedoch in vielen Fällen auf eine quantitative Erfassung/Analyse verzichtet werden, wenn nur der Einfluß des Menschen auf die Umwelt erkannt und erfaßt werden soll.

Im Zusammenhang mit der o.g. Thematik werden zwei Möglichkeiten der Arbeit aufgezeigt: die Einzelaufnahme(n) und ihre Auswertung und die Anlage eines Vegetationsprofils.

3.4.2.1.) Die Einzelaufnahme und ihre Auswertung mit bestätigender Felduntersuchung

3.4.2.1.1.) Hilfsmittel

Chemikalienkoffer (Bodenuntersuchungskoffer s. Anhang)
Belichtungsmesser oder Luxmeter
Thermometer (Schleuderthermometer oder ASSMANN)
Spaten und Bodenfeuchtetabelle (s.S. 31)
Holzpflöcke und Schnur
Bestimmungsliteratur
Aufnahmebögen (Vordrucke S.64 und 69)

3.4.2.1.2.) Methoden

Bestimmung der Bodenreaktion (S.29)
Bestimmung der Nährstoffe N,P,K (S.32 - 34)
Bestimmung der Bodenfeuchte (CM-Gerät oder Fingerprobe)
Bestimmung der Beleuchtungsstärke (S. 57)
Bestimmung der Luft- und Bodentemperatur (S. 54-56)

3.4.2.1.3.) Durchführung

Im Pflanzenbestand wird eine physiognomisch homogen erscheinende Probefläche von ca. 100 qm markiert. Anschließend werden die vorkommenden Arten erfaßt (soweit möglich sofort bestimmt, nicht bestimmbares Material in Plastikbeuteln sammeln und zur Nachbestimmung mitnehmen). Die Artnamen werden untereinander in den vorbereiteten Vegetationsaufnahmebogen eingetragen. Der "Kopf" des Aufnahmebogens wird ausgefüllt (vgl.S. 69).

Sind alle Arten erfaßt (nicht bestimmbare Arten werden durchnummeriert und ebenfalls eingetragen), wird deren Deckungsgrad nach BRAUN-BLANQUET bestimmt und in die Spalte "Deckungsgrad" in den Aufnahmebogen eingetragen.

Nach Fertigstellung der Vegetationsaufnahme werden in der Probefläche die verschiedenen Standortfaktoren (pH-Wert, Nährstoffe, Licht, Temperatur, Kalkgehalt) ermittelt und die Ergebnisse in das Standortprotokoll (S. 64) eingetragen.

Im Anschluß an die Untersuchung werden die Ergebnisse kurz zusammenfassend interpretiert und ein erster Versuch zur Aussage zum Standort und den ihn bestimmenden Faktoren gemacht. Im Labor/Klassenraum wird die Vegetationsaufnahme ökologisch ausgewertet (s.S.79) und das Ergebnis mit den an Ort und Stelle ermittelten Aussagen verglichen.

Variationen in der Durchführung:

Zunächst chemisch-physikalische Untersuchung mit Auswertung, dann Vegetationsaufnahme und ökologische Auswertung.

Es werden Standortproben entnommen und im Labor quantitativ untersucht, um auf diese Weise die zu bearbeitenden Zeigerwerte durch chemische Werte zu unterstützen oder zu verdeutlichen/veranschaulichen. Die Entscheidung über die Durchführung der quantitativen Analysen ist jedoch abhängig von der Arbeitsgruppe (chemische Vorkenntnisse, Labor, Altersstufe etc.).

3.4.2.1.4.) Auswertung und Darstellung der Ergebnisse

Zunächst wird die Vegetationsaufnahme unter Verwendung eines Vordruckes (s.S. 79) mit Deckungsgraden und Zeigerwerten der einzelnen Arten ausgewertet. Nach der Berechnung der mittleren Standortwerte kann das Ergebnis der chemisch-physikalischen Messung mit dem Ergebnis der Zeigerwerte direkt verglichen werden.

In den folgenden Tabellen werden artenarme Buchenwälder und artenreiche Buchenwälder untersucht und auf die Zeigerwerte hin ausgewertet. Parallel dazu durchgeführte Bodenuntersuchungen an einem Bodeneinschlag erbrachten Hinweise auf den physikalisch-chemischen Zustand des Standortes. Dazu sind in einer Tabelle die Ergebnisse der physikalisch-chemischen Untersuchung zusammengefaßt und in einem kurzen Bericht interpretiert.

Tabelle 42: Rohaufnahmetabelle artenarmer Buchenwälder vom 31.5.1977 und vom 9.6.1977, Arnsberger Wald

Rohaufnahmetabelle artenarmer Buchenwälder (Luzulo-Fagetum)

Art/Lfd.Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	Stet.
BAUMSCHICHT (%)			80	75							40	40	60	70	35	70	40	35	50	50	70	70	65	70	60	45	70	
Rotbuche			5	4					4		3	3	4	4	2	3	3	3	3	4	3	3	4	4	4	3	3	
Hainbuche					4	3																						
Fichte															3						+							
Stieleiche																3												
Traubeneiche																						3		2			3	
STRAUCHSCHICHT (%)												20			1	5	7	1	1		5	5					5	
Heidelbeere												+									1							
Rotbuche										+		1			1	1	1	+				1					1	
Eberesche															+	+						+					+	
Brombeere															+		1		+									
Stieleiche											-					+	+					+					+	
KRAUTSCHICHT (%)			40	50		55		75	85	25	30	40	40	40	60	50	35	45	50	60	50	50	35	70	50	30	50	
Geschlängelte Schmiele	2	1	+	+	2	2	3	3	+	+	2	3	3	1	4	3	2	2	3	2	3	3	2	1	1	1	3	
Weiße Hainsimse	1	2	1	2	1	2	1	1	3	2	1	1	1	2	+	+	1	+	1	1	+	+	2	3	II	1	1	+
Behaarte Hainsimse																1				+	+	1						1
Rotbuche (K)	2	1	1	2	1	2	1	1	1	2	1	1	3	4	1	1	1	1	1	1	1	1	3	2	3	1	1	
Frauenfarn		+		+													+							+				
Binse (flatter- ?)		+				1							1						+	1				1				
Honiggras		+												+	2		3	3	1	2			1	2		1		
Sauerklee		+								+							+		+				+					
Eberesche (K)			+	+	+		+	+	+						+	+	+	1			+	+	+					+
Dornfarn				+	+			r																				
Segge						2						+	1															
Fichte (K)						+					r		1	+	+	+	+	+	+	+			1	+	+	1	+	
Brombeere											r		+		1					+			+	+				
Besenheide												1																
Heidelbeere												1	+		2	2	+	1	+	+		2					2	
Waldziest												+																
Wurmfarn												+		+											+	1		
Eiche (K)												+	+			1	+	+		+	+	1		1			1	
Esche (K)												+				+	+	+	+	+	+	+					+	
Himbeere													+		1		+			+					+			
Adlerfarn															1													
Steinlabkraut															1		+			+	+			+		+		
Waldmeister															1													
Roter Fingerhut															+		+		+	1				+	1	1		
Fuchs' Kreuzkraut																	+	+		+								
Waldweidenröschen																	+							+				
Kriechender Hahnenfuß																		+										
Waldhabichtskraut																		+	+	+				+				
Gilbweiderich																			+	+								
Waldgemander																				+				+		r		
Landschilf																				+				2				
Wiesenwachtelweizen																									+			
Pilze													+															
Moose	+	+											1									1			1			
Flechten												+	+															

Tabelle 43: Stetigkeitstabelle zu Tabelle 42

	Art/Lfd.-Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
	BAUMSCHICHT																											
	Rotbuche			5	4					4		3	3	4	4	2	3	3	3	3	4	3	3	4	4	4	3	3
	Traubeneiche																						3		2			3
	Hainbuche					4	3																					
	Fichte															3						+						
	Stieleiche			1	1	1	1			1		1	1	1	1	2	2	1	1	1	1	2	2	1	2	1	1	1
	STRAUCHSCHICHT																											
	Rotbuche										+		1			1	1	1	+				1					1
	Eberesche															+	+						+					+
	Stieleiche																+	+					+					+
	Brombeere															+		1		+								
	Heidelbeere												+									1						
	Fichte												+															
	Arten:									1			3			3	3	3	1	1		1	3					3
	KRAUTSCHICHT																											
V	Geschlängelte Schmiele	2	1	+	+	2	2	3	3	+	+	2	3	3	1	4	3	2	2	3	2	3	3	2	1	1	1	3
	Weiße Hainsimse	1	2	1	2	1	2	1	1	3	2	1	1	1	2	+	+	1	+	1	1	+	+	2	3	1	1	+
	Rotbuchenkeimlinge	2	1	1	2	1	2	1	1	1	2	1	1	3	4	1	1	1	1	1	1	1	1	3	2	3	1	1
III	Fichten-Jungpflanzen						+					r		1	+	+	+	+	+	+	+		+	1	+	+	1	+
	Eberschen-Keimlinge			+	+	+		+	+	+						+	+	+	1			+	+	+				+
II	Honiggras		+												+	2-3		3	3	1	1-2			1	2		1	
	Heidelbeere												1	+		1-2	1-2	+	1	+	+		2					2
	Eichenkeimlinge												+	+			1	+	+		+	1		1				1
	Eschenkeimlinge												+				+	+	+	+	+	+	+					+
	Roter Fingerhut															+		+		+	1				+	1	1	
	Binse		+				1							1						+	1				1			
	Brombeere											r		+		1					+			+	+			
	Steinlabkraut															1		+			+	+			+		+	
	Behaarte Hainsimse																1				+	+	1					1
	Sauerklee		+							+								+		+				+				
	Himbeere													+		1		+			+						+	
I	Frauenfarn		+		+													+							+			
	Wurmfarn												+		+											+	1	
	Waldhabichtskraut																		+	+	+				+			
	Dornfarn				+	+			r																			
	Segge						1-2						+	1														
	Fuchs'Kreuzkraut																	+	+		+							
	Wald-Gamander																				+				+		+	
	Adlerfarn															1												
	Waldweidenröschen																	+							+			
	Gilbweiderich																			+	+							
	Landschilf																				+				2			
	Waldziest												+															
	Besenheide												1															
	Waldmeister															1												
	Kriechender Hahnenfuß																		+									
	Wiesenwachtelweizen																									+		
	Pilze													+														
	Moose	+	+											1								1				1		
	Flechten												+	+														
	Artenzahl:	4	7	4	6	5	6	4	5	4	4	5	11	13	6	13	4	16	12	12	19	9	9	8	15	8	10	9

Tabelle 44: Ökologische Auswertung der Tabelle 43

Ökologisches Verhalten		2) Lebensformen	
mL:	5,48	P:	14,7 %
mT:	4,8	N:	5,9 %
mF:	5,75	Z:	8,8 %
mR:	3,47	C:	5,9 %
mN:	4,5	H:	53,0 %
		G:	8,8 %
		T:	2,9 %

Soziologisches Verhalten:

K: 8.4 Reichere Laubwälder und Gebüsche

O: 8.43 Buchen- und Edellaubmischwälder

V: 8.431 Echte Buchenwälder

UV: 8.431.1 Hainsimsen-Buchenwälder

Ergebnisse der Untersuchungen artenarmer Buchenwälder aus dem Unterverband "8.431.1 Luzulo-Fagion" :

Zur Auswertung der Vegetationsaufnahmen wurden nur die Bodenpflanzen herangezogen, da diese die Bestände charakterisieren. Die mittleren Zeigerwerte (Tab. 44) ermöglichen folgende Aussagen:

Bei dem artenarmen Buchenwald (gesamt) handelt es sich um einen halbschattigen Bestand (Lichtzahl 5,48), d.h. der Kronenschluß ist nicht sehr dicht, was durch die ebenfalls in der Baumschicht vorkommenden Halblichtbäume Stiel- und Traubeneiche und der Halbschattenpflanze Hainbuche (Tab. 43) angezeigt wird, deren Kronen recht lichtdurchlässig sind. Der Standort ist mäßig warm (T = 4,8) und der Boden ist frisch bis feucht (F = 5,75), selten naß oder trocken. Die Bodenreaktion ist sauer (R = 3,5) und daher auch nährstoffarm (N = 4,5); der Boden ist ziemlich kalkarm und ist aus saurem Gestein (Schiefer, Sandstein o.ä.) hervorgegangen.

Aus dem Lebensformenspektrum läßt sich ersehen, daß es sich um einen gemäßigten Standort handelt (über 50 % Hemikryptophyten), der keinen Trockenperioden ausgesetzt ist.

Es folgen die Tabellen artenreicher Buchenwälder aus dem Unterverband der Waldmeister-Buchenwälder (8.431.2 Asperulo-Fagetum).

Tabelle 45: Rohaufnahmetabelle artenreicher Buchenwälder vom 2.6.1977 und 9.6.1977 in Waldhausen/Haarstrang

Art/Lfd.-Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	St.
BAUMSCHICHT (Deckg. %)	60	5	80	60			70	80	95	80		80	70		90	75	90	
Rotbuche	3	v*	v	v	v	v	4	2	5	5	4	5	4	4	4	3	4	
Esche			v	v	v	v					2			2		2	1	
Stieleiche	1	v	v	v	v	v	3	4	4				1		3	1	1	
Pappel																2		
STRAUCHSCHICHT (Deckg. %)	5						1	10								10		
Weißdorn	+		v	v	v	v	+									1		
Rotbuche								1								+		
KRAUTSCHICHT (Deckg. %)	90	50	80	80	80	60	75	85	90	45		40	40		70	50	65	
Waldmeister	4	4	3	3	3	3	3	3	4	4	4	2	2	3	2	2	2	
Goldnessel	3	3	3	2	3	2	3	2	4	1	1	+	2	1	1	3	+	
Flattergras	+		+		+		1	+	+	+	+	+	+	2			+	
Brennessel	+	1		1		1		+	1	+	+	+		+			+	
Aronstab	+		1	1	1	1	+		+	+	+	+	+	+	+	1	1	
Dreinervige Nabelmiere	+	+					1	+	+						+			
Buschwindroschen	1		1	1	1	1	1	1	1	+	+	+	+	+	1	+	1	
Hexenkraut	2	3	2	1	2	1	+	2	3	+	2	1		1	2	1	1	
Gundelrebe	2	1	1	1	1	1		1	+		1			1	+		2	
Waldsegge	r	r	+					+	+				+					
Frauenfarn	+						+	2	+	+	+				1			
Waldprimel	+	+		+		+	+		1	+		+		+	1	1	+	
Hainrispengras	+						1			+	1	1	+					
Himbeere	r									+	+		+		+			
Sauerklee	2	2	+		+		3	3		3		1	1		1		+	
Buchenkeimlinge	1	+			+					1	5	+	+	1	1		+	
Moose	1														+			
Klebriges Labkraut		1							1						1			
Eberesche		2																
Zaunwicke		+					+					+	+					
Löwenzahn ("Kuhblume")		+					+											
Einbeere		+		+		1								+	+	1	+	
Stumpfblättriger Ampfer		r						+	1			+					+	
Einblütiges Perlgras		+	1	1	1	2		+			1	1	+	1		1	1	
Grüne Nieswurz		r	2		2		+				1		+	1			1	
Stinkender Storchschnabel		r	1	+	1	+	+		+	+		1		1		+	+	
Scharbocks Kraut			1	2	1	2					+			1	2	+	+	
Waldveilchen			1–2	1	1–2	1	2			1	+	+	1	1	+		1	
Efeu			+		+		+			+		+	+		+		+	
Waldzwenke			1	+	+													
Vielblütige Weißwurz			+		+		+											
Sauerampfer			+		+													
Waldziest				1		1		+			1			1			1	
Esche					+		1	1	2	+	3	1	+	2	2	+	1–2	
Eichenkeimlinge						+	+	1	1	+		+	+		1	+	+	
Mauerlattich							+			+		+						
Hainbuche							+											
Bergahorn							+											
Heckenrose							+					+	+	+				
Walderdbeere							+			+		+	+					
Weißdorn							+			+		+		+		+	+	
Weidenröschen							+											
Waldgeißblatt							+											
Bergehrenpreis								+										
Bärenklau										+								
Haselnuß										+								
Honiggras										+								
Knotige Braunwurz											+				+			
Pilze											+				+			
Lichtnelke												+						
Fuchs' Kreuzkraut												+						
Kratzdistel												+				+		
Goldhahnenfuß												+						
Brombeere													+					
Pfaffenhütchen															+			
Artenzahl:	19	20	21	19	22	19	30	19	19	25	21	34	20	21	24	19	25	

v* = vorhanden, keine Deck.-Grad-Angabe

Tabelle 46: Stetigkeitstabelle tzr Tabelle 45

	Art/Lfd.-Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
	BAUMSCHICHT:																	
	Rotbuche	3	v	v	v	v	v	4	2	5	5	4	5	4	4	4	3	4
	Stieleiche	1	v	v	v	v	v	3	4	4				1		3	1	1
	Esche			v	v	v	v					2			2		2	1
	Pappel																2	
	STRAUCHSCHICHT:																	
	Weißdorn	+		v	v	v	v	+									1	
	Rotbuche								1								+	
	KRAUTSCHICHT:																	
	Waldmeister	4	4	3	3	3	3	3	3	4	4	4	2	2	3	2	2	2
	Goldnessel	3	3	3	2	3	2	3	2	4	1	1	+	2	1	1	3	+
V	Buschwindröschen	1		1	1	1	1	1	1	1	+	+	+	+	+	1	+	1
	Hexenkraut	2	3	2	1	2	1	+	2	3	+	2	+		1	2	1	1
	Aronstab	+		1	1	1	1	+		+	+	+	+	+	+	+	1	1
	Flattergras	+		+		+		1	+	+	+	+	+	+	2			+
	Gundelrebe	2	1	1	1	1	1		1	+		1			1	+		2
	Waldprimel	+	+		+		+	+		1	+		+		+	1	1	+
	Einblütiges Perlgras		+	1	1	1	2		+	1		1	1	+	1		1	1
IV	Stinkender Storchschnabel		r	1	+	1	+	+		+	+		1		1		+	+
	Esche					+		1	1	2	+	3	1	+	2	2	+	1-2
	Waldveilchen			1-2	1	1-2	1	2			1	+	+	1	1	+		1
	Sauerklee	2	2	+		+		3	3		3		1	1		1		+
	Brennessel	+	1		1		1		+	1	+	+	+		+			+
	Buchenkeimlinge	1	+			+					1	5	+	+	1	1		+
	Eichenkeimlinge						+	+	1	1	+		+	+		1	+	+
III	Scharbockskraut			1	2	1	2					+			1	2	+	+
	Grüne Nieswurz		r	2		2		+				1		+	1			1
	Efeu			+		+		+			+		+	+		+		+
	Frauenfarn	+						+	2	+	+	+				1		
	Einbeere		+		+		1								+	+	1	+
	Dreinervige Nabelmiere	+	+						1	+	+					+		
	Waldsegge	r	r	+					+	+			+					
	Hainrispengras	+						1			+	1	1	+				
II	Waldziest				1		1		+			1			1			1
	Weißdorn							+			+		+		+		+	+
	Himbeere	r									+	+		+		+		
	Stumpfblättriger Ampfer		r						+	1			+					+
	Zaunwicke		+					+					+	+				
	Heckenrose							+					+	+	+			
	Walderdbeere							+			+		+	+				
	Klebriges Labkraut		1							1						1		
	Waldzwenke			1	+	+												
	Vielblütige Weißwurz			+		+		+										
	Mauerlattich							+			+		+					
	Löwenzahn																	
	Sauerampfer			+		+												
	Knotige Braunwurz											+				+		
	Kratzdistel												+				+	
	Eberesche		2															
	Hainbuche							+										
I	Bergahorn							+										
	Weidenröschen							+										
	Waldgeißblatt							+										
	Bergehrenpreis								+									
	Bärenklau										+							
	Haselnuß										+							
	Honiggras										+							
	Lichtnelke												+					
	Fuchs' Kreuzkraut												+					
	Goldhahnenfuß												+					
	Brombeere												+					
	Schwarzer Holunder													+				
	Pfaffenhütchen															+		
	Moose	1														+		
	Pilze											+				+		

Tabelle 47: Ökologische Auswertung der Tabelle 46

1) Ökologisches Verhalten		2) Lebensformen	
mL:	4,16	P:	11,4 %
mT:	5,3	N:	13,1 %
mF:	5,4	Z:	3,3 %
mR:	6,5	C:	3,3 %
mN:	6,4	H:	47,5 %
		G:	16,4 %
		T:	4,9 %

Soziologisches Verhalten: 8.431.2 Asperulo-Fagion

Kommentar zu Tabelle 47: Der artenreiche Buchenwald ist ein halbschattiger bis schattiger Bestand (L = 4,16), der Boden ist frisch (F = 5,4), die Bodenreaktion schwach basisch bis schwach sauer (R = 6,5) mit mäßigem Nährstoffgehalt (N = 6,4).

Tabelle 48: Daten der Tab. 44 und 47 im Vergleich

	artenarmer Buchenwald	artenreicher Buchenwald
mL	5,48	4,16
mF	5,75	5,4
mR	3,47	6,5
mN	4,5	6,4
P %	14,7	11,4
N %	5,9	13,1
G %	8,8	16,4
C %	5,9	3,3
H %	53	47,5
Z %	8,8	3,3
T %	2,9	4,9

Durch den Vergleich beider Analysen lassen sich nun eher Schlüsse auf den Standort ziehen:
die durch die Bodenreaktion und den Nährstoffgehalt bedingte veränderte Zusammensetzung der Baumschicht lichtet den artenarmen Buchenwald auf, d. h. es herrscht dort mehr Licht als im artenreichen Buchenwald. Im artenreichen Buchenwald ist eine ziemlich geschlossene Kronenschicht, die wenig Licht durchläßt. Dieser stärkere Lichtmangel wirkt sich auf die Zusammensetzung des Bestandes bezüglich der Lebensformen aus: die Anzahl der Geophyten (Pflanzen mit unterirdischen Speichern) steigt im artenreichen

Buchenwald an (Frühblüher). Diese Pflanzen blühen schon früh, bevor das Kronendach voll entwickelt ist, da sie in ihren unterirdischen Sproß- oder Wurzelspeichern genügend Nährstoffreserven besitzen, um rasch Blüten hervorzubringen.

Die Bodenreaktion und der Nährstoffgehalt und damit die grundlegenden Wachstumsbedingungen sind im artenreichen Buchenwald günstiger als im artenarmen Bestand, was sich in der Arten- und Individuenzahl in beiden Beständen zeigt: im artenarmen Bestand sind viele Individuen der verschiedenen Arten vertreten (Biozönotisches Grundgesetz von THIENEMANN:"Biotope mit vielseitigen Lebensbedingungen ermöglichen eine hohe Artendichte mit jeweils geringen Individuenzahlen. Einseitige Lebensbedingungen führen zu Artenarmut bei großer Individuenzahl der einzelnen Arten", aus: REICHELT/SCHWÖRBEL: Ökologie, Berlin 1974, S.39).

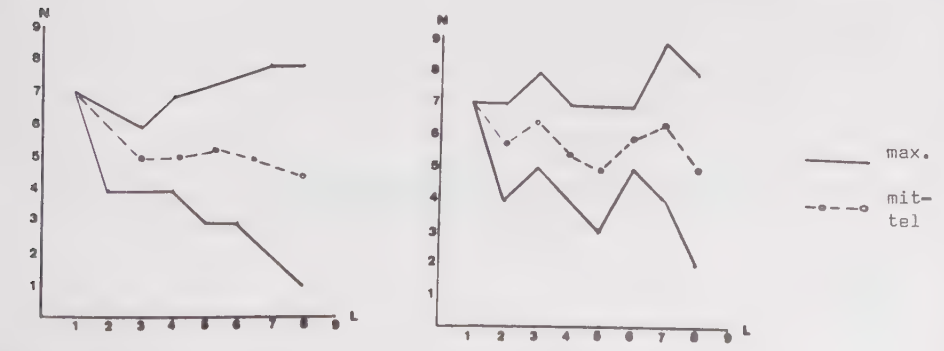
Weiterhin läßt sich eine Korrelation zwischen Lichtgenuß und Nährstoffgehalt des Bodens herausarbeiten: obwohl der artenreiche Buchenwald viel "dunkler" ist, enthält er viel mehr Arten. Dieser Artenreichtum läßt sich auf die besseren Nährstoffverhältnisse zurückführen. Allgemein gilt nach LERCH (1965), S. 95: "Allgemein brauchen die Pflanzen umso weniger Licht, je günstiger die Entwicklungsbedingungen (Standortbedingungen) sind". Diese Korrelation läßt sich leicht an einer Detailtabelle aus den Tabellen 44 und 47 zeigen (Tab. 49).

Tabelle 49: Detailtabelle aus den Auswertungstabellen zu den Tab. 44 u. 47

artenreich	L	N	R	artenarm	L	N	R
Waldmeister	2	5	x	Geschl. Schmiele	6	3	2
Goldnessel	2	5	7	Hainsimse	4	4	3
Aronstab	3	8	7	Honiggras	7	4	x
Sauerklee	1	7	x	Adlerfarn	6	3	3
Einbeere	3	6	7	Landschilf	7	7	x
Bergehrenpreis	4	6	5	Besenheide	8	1	1
Bergahorn	(4)	7	x	Waldweidenröschen	8	8	3

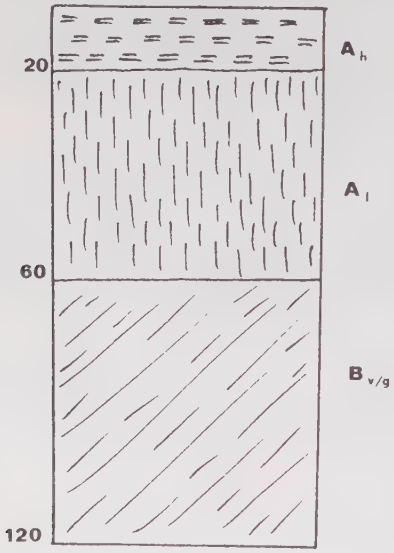
Überträgt man diese und weitere Werte, ermittelt durch Auswertung von 14 Standortuntersuchungen, in ein Koordinatensystem, erhält man eine Graphik (Abb. 55), die demonstriert, daß mit abnehmendem Nährstoffgehalt die Lichtstärke ansteigt.

Abb. 55: Zusammenhang von Lichtgenuß und Nährstoffgehalt



Dies erklärt die höhere Artenzahl im dunkleren Buchenwald. Die Untersuchung des Bodenprofils im artenreichen Buchenwald ergab den in Abb. 56 dargestellten Profilaufbau. Daneben wurden noch Mischproben aus beiden Wäldern chemisch-physikalisch untersucht; die Ergebnisse sind in der der Abbildung beigefügten Tabelle zusammengestellt.

Abb. 56: Bodenprofil im artenreichen Buchenwald



Bodentyp: Parabraunerde – Pseudogley
Bodenart: Lehm

Chemische Untersuchung des Bodens im artenreichen Buchenwald

pH-Wert	:	6 (Indikator)
Stickstoff	:	0,6 mg NH_4 / 100 g
Phosphat	:	0,25 mg PO_4 / 100 g
Leitfähigkeit	:	100 µS (gemittelt)

Chemische Untersuchung des Bodens im artenarmen Buchenwald

pH-Wert	:	4 (Indikator)
Stickstoff	:	1,4 mg NH_4/ 100 g
Phosphat	:	– (nicht nachweisbar)
Leitfähigkeit	:	90 µS (gemittelt)

Auswertung und Vergleich der ökologischen Pflanzenanalyse, der bodenkundlichen und der chemischen Untersuchung zeigen also folgende Befunde:

Artenreicher Buchenwald-Standort: die Bodenreaktion nach den Zeigerwerten liegt deutlich höher (mR = 6,5) als im artenarmen Buchenwald (mR = 3,47), was die chemische Untersuchung des pH-Wertes bestätigt (pH-Werte 6 bzw. 4).

Ebenso ist der Boden im artenreichen Buchenwald nährstoffreicher - er enthält weniger Ammonium, aber mehr Phosphate und (vermutlich) auch mehr Nitrate als der Boden im artenarmen Buchenwald. Der höhere Nährstoffgehalt macht sich auch im mittleren Nährstoffzeigerwert (mN = 6,4 gegenüber mN = 4,5) bemerkbar, da das Laub der Bäume sowie die oberirdischen Teile der Kräuter zum Winter hin dem Boden wieder zugeführt und unter den günstigen Verhältnissen (Bodenreaktion) rasch abgebaut werden.

Artenarmer Buchenwald-Standort: hier liegen die mittleren Zeigerwerte deutlich niedriger; die chemische Analyse bestätigt diese Werte (saure Bodenreaktion bei pH = 4). Der höhere Ammoniumgehalt des Bodens deutet auf ungünstige Bodenverhältnisse hin (saure Reaktion) und Phosphate sind auch nicht in Spuren nachweisbar; die saure Bodenreaktion verzögert den Humifizierungsprozeß und somit die Nährstoffzufuhr.

3.4.2.2.) Die Anlage eines Vegetationsprofils und seine ökologische Auswertung

Die Auswertung eines Vegetationsprofils liefert einen Überblick über die standortlichen Unterschiede in einem größeren Raum. Wie vorher gezeigt, lassen sich relativ gut Unterschiede des Standortes über die pflanzenökologische Auswertung erarbeiten. Im vorliegenden Fall handelt es sich um einen Transekt (Profilschnitt vertikal) über eine Strecke von rund 300 m an einem nach Osten exponierten Hang von 10 4 Gefälle (= 5°). Durch das Profil werden drei verschiedene Waldtypen erfaßt: ein Fichtenforst, ein Lärchenforst und ein artenreicher Buchenwald. Das Profil umfaßt vier Vegetationsaufnahmepunkte sowie sechs Klimameßpunkte. Die Profiluntersuchungen wurden im Rahmen der Kleinklimamessungen in den verschiedenen Waldformen durchgeführt.

3.4.2.2.1.) Vorbereitung

Die Aufnahmeorte wurden auf einer Fluchtlinie festgelegt und als Probeflächen markiert. Ebenfalls auf der Fluchtlinie wurden die Klimameßpunkte (KMP) festgelegt. An jedem Klimameßpunkt wurden ermittelt:
Temperatur (gleichzeitig)
Evaporation (gleichzeitig)
Beleuchtung in den Probeflächen (hintereinander)
Luftfeuchtigkeit (hintereinander)

3.4.2.2.2.) Hilfsmittel

Thermometer oder ASSMANN-Psychrometer
Belichtungsmesser oder Luxmeter
PICHE-Evaporimeter mit Schnur und Wäscheklammer

Hygrometer oder ASSMANN-Psychrometer
Arbeitsblätter "Pflanzensoziologische Aufnahme"
Arbeitsblätter "Klimamessung"
Holzpflöcke und Schnur
Kompaß mit Neigungsmesser (Bussole)

3.4.2.2.3.) Methoden

Pflanzensoziologische Aufnahme
Temperaturmessung
Beleuchtungsmessung
Evaporationsmessung
Luftfeuchtigkeitsmessung

3.4.2.2.4.) Durchführung

In einer Stunde (16^{00} - 17^{00}Uhr) wurden die Vegetationsaufnahmen und Klimadaten ermittelt. Durch ein aufkommendes Unwetter mußte die Arbeit danach eingestellt werden. Für die Feststellung von Unterschieden reichte die Zeit jedoch aus (s.u.).

3.4.2.2.5.) Ergebnisse

Die ökologische Pflanzenbestandsanalyse liefert Aussagen über die Verhältnisse von Klima und Boden, die Feldmethoden in den feinen Unterschieden nicht mehr erfassen können. Durch die Untersuchung eines Vegetationsprofils wie im vorliegenden Fall werden verschiedene Vegetationsformen erfaßt und vergleichend ausgewertet. Durch den Vergleich werden Unterschiede aufgedeckt, die die Auswirkung des Pflanzenbestandes auf den Boden und auf das Klima verdeutlichen:

- der Fichtenwald in seiner Homogenität liefert astfreies Holz (dichte Pflanzung zwingt die Einzelpflanze zu raschem Hochwuchs)
- die Fichtenstreu (Nadeln) kann nur langsam abgebaut werden und wirkt sauer auf den Boden (Gefahr der Podsolierung des Bodens; macht eine spätere Bodennutzung schwer)
- die Einzelbäume im Fichtenbestand "verschlucken" soviel Licht, daß fast kein Unterwuchs möglich ist, auch nicht von "Lichtspezialisten" (Schattenpflanzen)
- fehlender Unterwuchs wirkt sich negativ auf den Boden aus (schlechte Durchwurzelung des Bodens und damit schlechte Lockerung, d.h. der Wasserhaushalt wird verschlechtert)
- die Fichte als Flachwurzler findet sich selten im Waldmantel, der das Kleinklima des Waldinnern erhält
- das Kleinklima im Fichtenwald ist schlechter (wärmer und trockener) durch den fehlenden Unterwuchs
- der Buchenwald hat ein ausgewogenes Kleinklima durch dichte und reichhaltige Bodenflora
- der Buchenwald laugt den Boden nicht aus (überall mehr oder weniger zersetztes Laub und damit verbundene Nährstoffrückführung)

- die Buchen und Eichen haben tiefgehende Wurzeln und sind somit gegen Windeinwirkung standhaft
- die tiefgehenden Wurzeln liefern Nährstoffe aus allen Tiefen (im Gegensatz zur Fichte, die nur die oberen Schichten auslaugt)
- die tiefgehenden Wurzeln erschließen die tiefliegenden Bodenschichten (biologische Verwitterung)
- im Buchenwald wird ein Teil der Nährstoffe jedes Jahr zurückgeführt (Laubfall im Herbst); im Nadelwald hingegen nur alle 3 - 4 Jahre (Nadelwechsel der Fichte).

Es lassen sich noch weitere Aspekte erarbeiten, die hier jedoch nicht alle aufgeführt werden.

Es läßt sich sagen, daß die Anlage eines Vegetationsprofils empfohlen werden kann, da durch die vergleichende Auswertung die Unterschiede besser herausgearbeitet werden können. Auch die Randbestände liefern als Übergangszonen interessante Ergebnisse, indem an der Vegetation ersichtlich wird, daß Pflanzen des Buchenwaldes auch z.T. in den Fichtenwald hineinziehen (z.B. das Vorkommen von Sauerklee und Waldmeister am Rande des Fichtenforstes), während tief im Innern keine Bodenflora vorhanden war.

Tabelle 50: Rohaufnahmetabelle des Vegetationsprofilaufnahmen

Pflanzenart/Lfd.-Nr.	1	2	3	4
Esche	1-2	1	-	-
Pappel	2-3	-	-	-
Rotbuche	3	4	-	-
Stieleiche	1	1	-	-
Lärche	-	-	4	-
Fichte	-	-	-	4
Ahorn	-	-	2	-
Weißdorn	1	-	-	-
Rotbuche	+	-	-	-
Gelbe Taubnessel	3	+	-	-
Waldmeister	2	2	1	+
Hohe Primel	1	+	-	-
Hexenkraut	1-2	1	+	-
Einbeere	1	+	-	-
Einblütiges Perlgras	1	1	-	-
Gefleckter Aronstab	1	1	-	-
Buschwindröschen	+	1	-	-
Esche (Keiml.) und(Jungpfl.)	+	1-2	-	-
Eiche (Keiml.)	+	+	-	-
Scharbockskraut	+	+	-	-
Weißdorn (Jungpfl.)	+	+	-	-
Ruprechts-Storchschnabel	+	+-1	+	-
Efeu - Gundermann	-	2	+	-
Waldveilchen	-	1	-	-
Grüne Nieswurz	-	1	-	-
Waldziest	-	1	-	-
Große Brennessel	-	+	3	-
Stumpfblättriger Ampfer	-	+	+	-
Sauerklee	-	+	+	+
Flattergras	-	+	+	-

Tabelle 51a: Ökologische Auswertung zur Veg.-Aufnahme Nr. W60 vom 10.6.77

1) Ökologisches Verhalten	2) Lebensformen		3) Anatomie	
mL : 3,9	P : 44,6	%	hd: -	%
mT : 4,6	N : 3,3	%	he: -	%
mF : 5,3	Z : -	%	hg: 25,0	%
mR : 6,7	C : 13,0	%	m : 70,6	%
mN : 5,96	H : 16,3	%	sk: 4,4	%
	G : 21,7	%	su: -	%
	T : 1,1	%		

Tabelle 51b: Ökologische Auswertung zur Veg.-Aufnahme Nr. W61 vom 10.6.77

1) Ökologisches Verhalten	2) Lebensformen		3) Anatomie	
mL : 3,9	P : 39,2	%	hd: -	%
mT : 5,16	N : 0,9	%	he: -	%
mF : 5,3	Z : 0,9	%	hg: 29,9	%
mR : 6,78	C : 1,8	%	m : 61,7	%
mN : 6,65	H : 34,1	%	sk: 9,4	%
	G : 21,5	%	su: -	%
	T : 1,6	%		

Tabelle 51c: Ökologische Auswertung zur Veg.-Aufnahme Nr. W62 vom 10.6.77

1) Ökologisches Verhalten	2) Lebensformen		3) Anatomie	
mL : 5,46	P : 43,3	%	hd: -	%
mT : 5,0	N : 1,7	%	he: -	%
mF : 5,1	Z : 1,7	%	hg: 23,3	%
mR : 5,75	C : -	%	m : 73,3	%
mN : 6,1	H : 41,6	%	sk: 3,3	%
	G : 6,7	%	su: -	%
	T : 5,0	%		

Tabelle 51d: Ökologische Auswertung zur Veg.-Aufnahme Nr. W63 vom 10.6.77

1) Ökologisches Verhalten	2) Lebensformen		3) Anatomie	
mL : 4,5	P : 70,2	%	hd: -	%
mT : 3,4	N : 8,8	%	he: 0,9	%
mF : 5,37	Z : 1,8	%	hg: 14,0	%
mR : 2,5	C : -	%	m : 10,5	%
mN : 6,58	H : 13,1	%	sk: 74,6	%
	G : 6,1	%	su: -	%
	T : -	%		

Tabelle 52: Zusammenfassende Tabelle

Die ökologische Analyse zu allen Aufnahmen

		60	61	62	63	
mL		3,9	3,9	5,46	4,5	
mT		4,6	5,16	5	3,4	
mF		5,3	5,3	5,1	5,37	
mR		6,7	6,78	5,75	2,5	(Fichte)
mN		5,96	6,65	6,1	6,58	
Lage		Hang-lage	eben	eben	eben	
Artenzahl		15	23	13	6	
LF:	P %	44,6	39,2	43,3	70,2	Holzgewächse bis 5 m
	N %	3,3	0,9	1,7	8,8	Sträucher, Kleinbäume
	Z %		0,9	1,7	1,8	Zwergsträucher
	C %	13	1,8	-	-	Chamaephyten
	H %	16,3	34,1	41,6	13,1	Hemikryptophyten
	G %	21,7	21,5	6,7	6,1	Geophyten, Frühblüher
	T %	1,1	1,6	5	-	Einjährige
Blattausdauer	V	8,8	9,4	3,3	-	Vorsommergrün
	S	67,4	56	73,3	12,3	Sommergrün
	W	10,8	27,1	23,3	17,5	Wintergrün
	J	13	7,5	-	70,2	Immergrün
Anat.	m	70,6	61,7	73,3	10,5	mesomorph
	sk	4,4	9,4	3,3	74,6	skleromorph
	hg	25,0	28,9	23,3	14,0	hygromorph
	he	-	-	-	-	helomorph

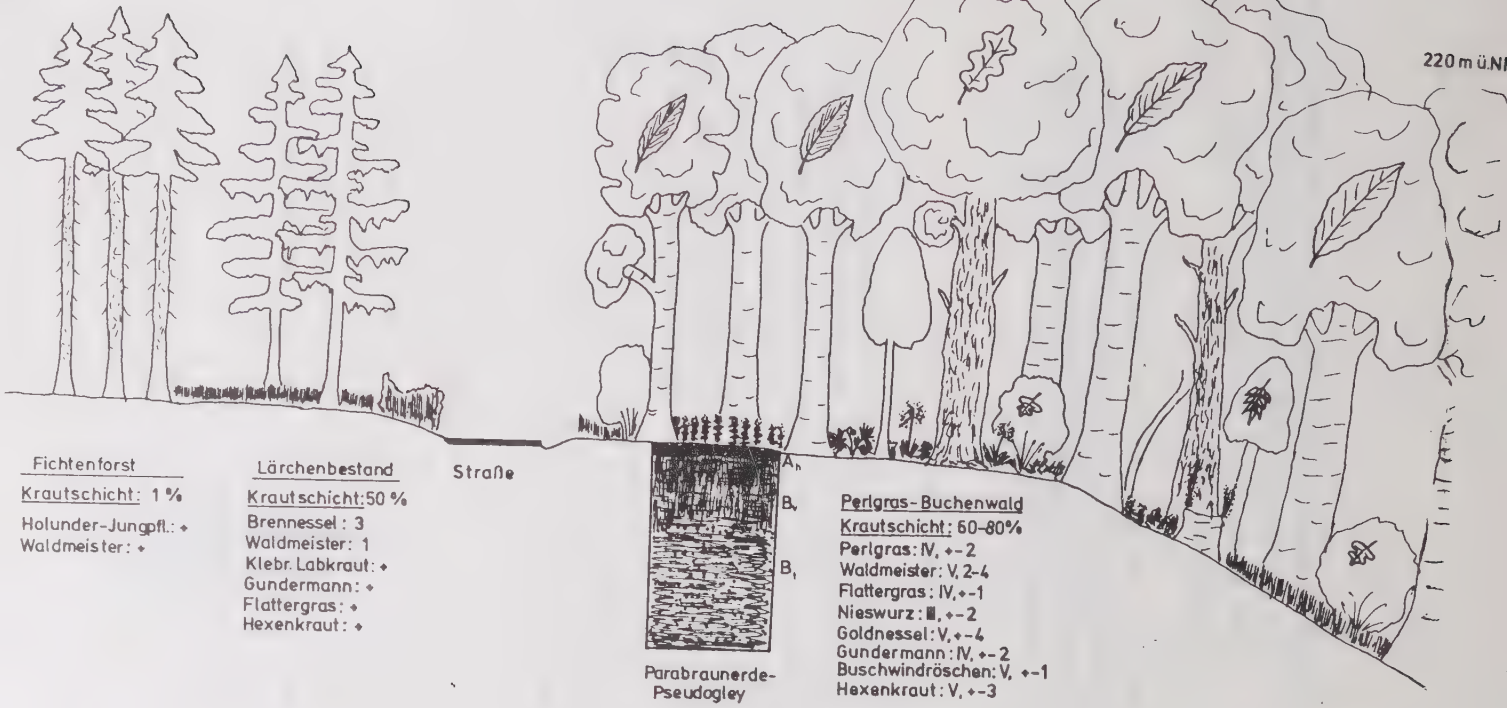
Tabelle 53: Standortmessungen am Vegetationsprofil

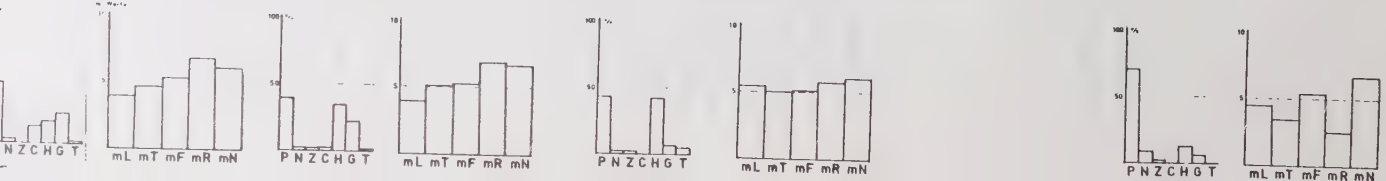
Messung	Buchenwald	Straße	Lärchenforst	Fichtenforst
mittlere Temperatur °C	MP 1: 23,75 MP 2: 24,4	25,1	24,9	ohne Bodenveg.: 25,4 mit Bodenveg.: 25,o
Evaporation (ml)	MP 1: 0,2 MP 2: 0,1	1,5	0,3	ohne B. : 0 mit B. : 0
mittlere Beleuchtung (Lx)	MP 1: 815* MP 2: 600**	4183	550	240
mittlere Beleuchtung (%)	MP 1: 16 MP 2: 11	100	26	11
Luftfeuchte (%)	MP 1: 66 MP 2: 70	62	32	32
maximale Temp.-Schwankg. °C	0,5	1,5	1,5	1,0
Bodenreaktion pH	A: 5,8 B: 6,25		A: 5,8 B: 6,3	A: 3,95 B: 3,3

*) Außenlicht bei der Messung: 5100 Lux
**) " " " " : 5450 Lux

235 m ü. NN

220 m ü. NN





3.4.3 Der Vergleich von naturnahem Laub- (Misch-) Wald mit dem naturfremden Nadelholzforst und die ökonomisch - ökologische Bedeutung beider Waldformen für die Landschaft

Die im vorhergehenden Abschnitt behandelte vergleichende Bearbeitung eines Vegetationsprofils mit naturnahem Laubwald und einem benachbarten Fichtenforst ermöglicht die Bearbeitung eines weiteren Aspektes: des ökonomisch - ökologischen Aspektes.

3.4.3.1 Vorbereitung

Um diesen Aspekt zu erarbeiten, sollen in einer Gesamtprobefläche von mindestens 1000 qm (unterteilt in Einzelflächen von 100 oder 200 qm) eines Fichtenforstes und eines Laubwaldes (z.B. Hochwald aus Buchen) die Einzelstämme gezählt und deren Durchmesser und Höhe ermittelt werden. Aus den ermittelten Werten wird die Holzmasse des Bestandes errechnet nach folgender Formel: (nach STICHMANN, Arbeitspapier PH Ruhr, unveröffentlicht)

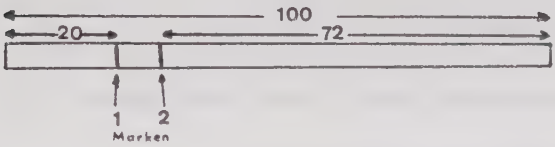
Inhalt (fm = Festmeter) = $d^2 \cdot h \cdot 0{,}00004$ (Laubholz)
Inhalt = $(d^2 \cdot h \cdot 0{,}00004) - 10\ \%$ (Nadelholz)
d = Stammdurchmesser in Brusthöhe (ca. 1 m) in cm
h = Höhe in m

Den Stammdurchmesser ermittelt man mit Hilfe einer sogenannten Kluppe (eine Art große Schiebelehre) oder mit 2 Stöcken und einem Bandmaß: beide Stöcke werden in Brusthöhe an zwei Seiten des Stammes angehalten (waagerecht) und die Strecke zwischen beiden Stöcken an beiden Seiten gemessen. Die Doppelmessung gleicht evtl. Fehler durch Schräghalten aus. Die beiden Meßwerte addiert und durch zwei dividiert ergeben den Durchmesser. Die Höhe des Baumes wird ermittelt durch folgende einfache Feldmethode (nach: WALDSCHUTZKALENDER 1976, S. 47).

Man bereitet einen Holzstock von 1 m Länge vor, indem man von der Spitze her 80 cm abmißt und mit Klebeband markiert (Marke I Ring). Von dieser

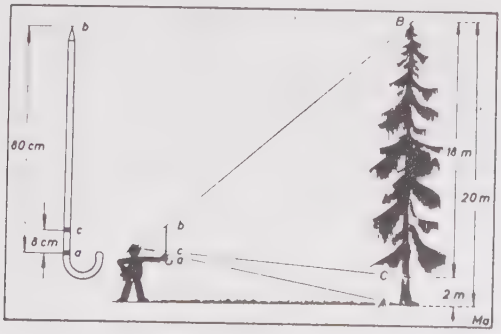
Markierung mißt man weitere 8 cm in Richtung Spitze ab und markiert (Marke II).

Abb. 58: Meßstab für die Baumhöhenbestimmung



Im Gelände hält man diesen Stock mit ausgestrecktem Arm senkrecht (Spitze nach oben) und peilt über die Spitze die Baumspitze an, über die Marke I den Stammfuß. Wenn beide Markierungen mit Baumspitze und -fuß übereinstimmen (evtl. vor- oder zurückgehen), visiert man über die Marke II den Stamm an und merkt sich diesen Visierpunkt (evtl. durch Mitarbeiter markieren lassen). Am Baum wird die Höhe des Visierpunktes vom Boden gemessen und mit 10 multipliziert - das ergibt die Baumhöhe.

Abb. 59: Baumhöhenbestimmung (aus: Waldschutzkalender 1976)



3.4.3.2 Methoden

Höhenmessung

Stamm-Durchmesser-Messung

Holzmassenberechnung

3.4.3.3 Durchführung

In einer Beispieluntersuchung wurden folgende Ergebnisse erzielt:

Tabelle 54: Holzmassenberechnung Fichtenforst

Probefläche		h	ø	Fm	Fm ./. 10 %
1/8 ha	70 Stämme	19 m	23 cm	28,1	26
1/8 ha	126 Stämme	19 m	19 cm	34,57	30
1/8 ha	74 Stämme	18,5 m	23 cm	28,97	26,1
1/8 ha	121 Stämme	19 m	22 cm	44,5	40,1
Σ1/2 ha	391 Stämme	19 m	22 cm	143,83	129,45
		mittl.H	mittl.ø		
Σ1 ha	780 Stämme mit ca. 260 Fm Fichtenholz				

Tabelle 55: Holzmassenberechnung Laubwald

Probefläche		h	ø	Fm
1/8 ha	7 Buchen	31 m	70 cm	50
	2 Eichen	33 m	55 cm	
1/8 ha	4 Buchen	35 m	50 cm	35,7
	4 Eichen	33 m	65 cm	
1/8 ha	7 Eichen	27 m	60 cm	
	9 Buchen	32 m	50 cm	38,2
	5 Buchen	15 m	20 cm	

1 ha trägt umgerechnet etwa 300 fm Buchen- und Eichenholz

3.4.4 Die Bedeutung des Waldes (oder Hecke) als Schutz für den Boden und die umliegende Landschaft

3.4.4.1 Vorbereitung

Zur Untersuchung werden ein Waldstück und umgebendes Freiland (Acker, Wiese o.ä.) ausgesucht und zwei Meßstationen bestimmt: eine Station im Wald, die zweite Station außerhalb auf dem Feld/der Wiese in etwa 50 m – 100 m Abstand vom Waldrand. Untersucht wird der Einfluß des Waldes auf das Kleinklima.

3.4.4.2 Methoden

Lichtmessung
Windmessung
Temperaturmessung Luft und Boden
Luftfeuchtigkeitsmessung
Evaporationsmessung

3.4.4.3 Hilfsmittel

Lux-Meter oder Belichtungsmesser
Windmesser (Anemometer)
Thermometer
ASSMANN oder Hygrometer
Meßstations-Holzlatte (zweckmäßig)
PICHE-Evaporimeter
Bohrstock für Bodenthermometer (Holzstock, zugespitzt, Durchmesser wie ein Thermometer)
Arbeitsbögen für die Klimamessung

3.4.4.4 Durchführung

Die Meßinstrumente werden in den Standardhöhen 5 cm, 50 cm, 100 cm Höhe an der "Meßstationslatte" mit dem vorgesehenen Haken, Klemmen u.ä. befestigt. Dann werden sowohl im Wald als auch außerhalb in regelmäßigen Abständen (ca. 2 - 5 min.) die Werte abgelesen und notiert. Nach Abbau der Geräte kann die Auswertung im Klassenraum/Labor stattfinden.

Als Beispieluntersuchungen sind Kleinklimamessungen dargestellt, die in einem Wald und auf einem Feldweg zwischen 2 Gerstenfeldern durchgeführt wurden.

Tabelle 56: Kleinklimamessung Feld

PROTOKOLL für KLEINKLIMAMESSUNGEN/STANDORTUNTERSUCHUNGEN

Lfd.Nr.: 2 Standort: Feldweg a.d. Scheune in Göppa

Genaue Ortsbezeichnung: Göppa/Möhnesee

Datum: 9.6.77 Beginn: 16.00 Uhr Ende: 18.00 Uhr

Ableseintervall: 10 min Wetter: sonnig

Zugehörige Vegetationsaufnahme-Nr.:

1.) G E L Ä N D E

Karte: MTB 4414 Höhe: 230 m ü.NN Neigung:

Geländebeschreibung: Feldweg in W - O - Richtung, umgeben mit Getreidefeldern

Planzeigerwerte: R: 34°33040 H: 57°08440 Exposition:

2.) B O D E N

Bodentemperatur:	Zeit										
	0 cm										
	5 cm										
	10 cm										
	20 cm										

Bodenwassergehalt: % pH-Wert: Kalkgehalt: %

Bodenart: Bodentyp:

Zugehörige Bodenanalyse-Nr.:

3.) L U F T

Lufttemperatur:	Zeit	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
	5 cm	22	21	23	21,5	21	22	21	21,5	20	20
	50 cm	22	23	21,5	22	22	22	21,5	22,5	21	21
	150 cm	24	22,5	22	22	22	22	22,5	22,5	22	22
Luftfeuchtigkeit:	Zeit	90		120							
	F	18		19							
	T	20,5		21,5							
	Diff.	2,5		2,5							
	Feuchte %	79		80							

Evaporation:	Zeit	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
	ml	1	0	0	1	0	1	0	1	1	0
Windgeschw.	Zeit	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
	m/sec	3,5	2	4	3	2	1,5	2	1,5	2,5	1
Windweg:	Zeit	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
	Zählrad	977	991	1000	1016	1030	1038	1052	1063	1073	1082
	Diff.	8	14	9	16	14	8	14	11	10	9
	v_m	1,3	2,3	1,5	2,6	2,3	1,3	2,3	1,8	1,6	1,5

Vorwiegende Windrichtung:

Licht:	Zeit	0	10	20	30	40
	Lux	54500	49000	52000	41500	36000
	Zeit	50	60	70	80	90
	Lux	40000	23000	33000	21500	17000

4) C H E M I S C H E U N T E R S U C H U N G E N

100 g Boden enthalten:

Nitrat (NO_3^-) mg Phosphat (PO_4^{3-}) mg

Chlorid (Cl^-) mg Kalk ($CaCO_3$) mg

Ammonium (NH_4^+) mg Humus (C) mg

Die Luft über 1 m^2 enthält: Kohlendioxid (CO_2) mg

5) E R G Ä N Z U N G E N

Maximaltemp.: 25° C ; Minimaltemp.: 19° C

Nullstellung des Windwegmessers: 969

Tabelle 57: Kleinklimamessung Wald

PROTOKOLL für KLEINKLIMAMESSUNGEN/STANDORTUNTERSUCHUNGEN

Lf.Nr.: 3 Standort: Wald nördl. d. Scheune bei Günne

Genaue Ortsbezeichnung: Günne/Möhnesee; Scheune westl. d. Ortes

Datum: 9.6.77 Beginn: 16.00 Uhr Ende: 18.00 Uhr

Ableseintervall: 10 min Wetter: sonnig

Zugehörige Vegetationsaufnahme-Nr.:

1.) G E L Ä N D E

Karte: MTB 4414 Höhe: 235 m ü.NN Neigung:

Geländebeschreibung:

Planzeigerwerte: R: 34°33040 H: 57°08440 Exposition:

2.) B O D E N

Bodentemperatur:	Zeit										
	0 cm										
	5 cm										
	10 cm										
	20 cm										

Bodenwassergehalt: % pH-Wert: Kalkgehalt: %

Bodenart: Bodentyp:

Zugehörige Bodenanalyse-Nr.:

3.) L U F T

Lufttemperatur:	Zeit	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
	5 cm	19,5	19,9	19,9	20	18,9	19,8	19,8	20	19,8	19,2
	50 cm	19,8	20	19,9	20,1	19,9	19,9	19,8	20	19,8	19,2
	150 cm	20	20,1	20,2	20,5	20	20,1	20	20,2	20,2	19,8
Luftfeuchtigkeit:	Zeit	D	10	20	30	40	50	60			
	F	11,2	18	17,8	17	17	17	16			
	T	20	21	21	20,5	21	20	19,5			
	Diff.	8,8	3	3,2	3,5	4	3	3,5			
Feuchte %			75	73	70	67	74	69			

Evaporation:	Zeit	20	30	40	50	60	70	80	90	100	120
	ml	0	0,05	0,05	0	0	0	0	0	0,05	0
Windgeschw.	Zeit	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
	m/sec	0,5	1,0	2,0	1,5	1	1	2,5	1	1	1
Windweg:	Zeit	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
	Zählrad	698	706	714	726	733	742	751	760	765	770
	Diff.	7	8	8	12	7	9	9	9	5	5
	v_m	1,1	1,3	1,3	2	1,1	1,5	1,5	1,5	0,8	0,8

Vorwiegende Windrichtung:

Licht:	Zeit	0	10	20	30	40
	Lux	880	1400	1200	1000	680
	Zeit	50	60	70	80	90
	Lux	800	700	660	500	600

4) C H E M I S C H E U N T E R S U C H U N G E N

100 g Boden enthalten:

Nitrat (NO_3^-) mg Phosphat (PO_4^{3-}) mg

Chlorid (Cl^-) mg Kalk ($CaCO_3$) mg

Ammonium (NH_4^+) mg Humus (C) mg

Die Luft über 1 m^2 enthält: Kohlendioxid (CO_2) mg

5) E R G Ä N Z U N G E N

Nullstellung des Windwegmessers: 691

Die folgenden Untersuchungen wurden in einem Wald und in einem Getreidefeld durchgeführt.

Tabelle 58: Kleinklimamessung Wald

PROTOKOLL für KLEINKLIMAMESSUNGEN/STANDORTUNTERSUCHUNGEN

Lfd.Nr.: 4 Standort: Theiningsen (Haarstrang (Waldmessung)

Genaue Ortsbezeichnung: Waldstück bei Theiningsen

Datum: 23.6.77 Beginn: 16^{30} Uhr Ende: 18^{30} Uhr

Ableseintervall: 15 min Wetter: sonnig - bewölkt

Zugehörige Vegetationsaufnahme-Nr.:

1.) G E L Ä N D E

Karte: MTB 4414 Höhe: 257 m ü.NN Neigung: 4 %

Geländebeschreibung:

Planzeigerwerte: R: 34 35430 H: 57 08000 Exposition: S-SW

2.) B O D E N

Bodentemperatur:	Zeit	10	25	40	55	70	85	100	115	130	
	0 cm	14,5	15	13	13	15	15,1	15	12,5	13,8	
	5 cm	14,5	15	13	13	15	15,1	15	12,5	13,8	
	10 cm	12,5	13	14	13	14	13,2	13,2	14	14	
	20 cm	12,5	13	12,5	12	12	12,2	12,4	13	12,5	

Bodenwassergehalt: % pH-Wert: Kalkgehalt: %

Bodenart: Bodentyp:

Zugehörige Bodenanalyse-Nr.:

3.) L U F T

Lufttemperatur:	Zeit	0	15	30	45	60	75	90	105	120	
	5 cm	18,1	18,5	18,1	17,9	16,9	17	18	17	16	
	50 cm	18,9	18,9	19	18,9	18,5	16,9	17,9	17,2	17	
	150 cm	19	19	18	18,9	17,6	18,5	18,2	18	17	
Luftfeuchtigkeit:	Zeit	30	45	50	55	60	62				
	r	16,7	16,0	16,5	16	16,5	16,7				
	T	19	18,5	18	19	18,8	18				
	Diff.	2,3	2,5	1,5	3	2,3	1,3				
	Feuchte %										

Evaporation:	Zeit	0	15	30	45	60	75	90	105	120	
	ml	0	-	-	2	-	-	-	4		
Windgeschw.	Zeit	0	15	30	45	60	75	90	105	120	
	m/sec	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Windweg:	Zeit	0	15	30	45	60	75	90	105	120	
	Zählrad	1098	1100	1101	1102	1102	1103	1103	1103	1103	
	Diff.	0	2	1	1	0	1	0	0	0	
	v_m	-	0,22	0,11	0,11	-	0,11	-	-	-	

Vorwiegende Windrichtung:

Licht:	Zeit	0	15	30	45	60
	Lux	1080	1050	900	960	840
	Zeit	75	90	105	120	
	Lux	780	655	395	270	

4) C H E M I S C H E U N T E R S U C H U N G E N

100 g Boden enthalten:

Nitrat (NO_3^-) mg Phosphat (PO_4^{3-}) mg

Chlorid (Cl^-) mg Kalk ($CaCO_3$) mg

Ammonium (NH_4^+) mg Humus (C) mg

Die Luft über 1 m^2 enthält: Kohlendioxid (CO_2) mg

5) E R G Ä N Z U N G E N

Tabelle 59: Kleinklimamessung Feld

PROTOKOLL für KLEINKLIMAMESSUNGEN/STANDORTUNTERSUCHUNGEN

lfd.Nr.: 5 Standort: Theiningsee (Höhensee (Feldmessung)
Genaue Ortsbezeichnung: Feld neben dem Wald südl. Theiningsee
Datum: 23.6.77 Beginn: 16^{20} Uhr Ende: 18^{30} Uhr
Ableseintervall: 15 min Wetter: heiter
Zugehörige Vegetationsaufnahme-Nr.:

1.) G E L Ä N D E

Karte: MTB 4414 Höhe: m ü.NN Neigung:
Geländsbeschreibung: Höhe des Haarstranges am Feldweg

Planzeigerwerte: R: 34 35430 H: 57 08000 Exposition:

2.) B O D E N

Bodentemperatur: Zeit	0	15	30	45	60	75	90	105	120	
0 cm										
5 cm	23	23	23	22	22	22	22	22	21	
10 cm	22	22	22	21.5	21.5	21.5	21.5	20,5	20.5	
20 cm										

Bodenwassergehalt: % pH-Wert: Kalkgehalt: %
Bodenart: Bodentyp:
Zugehörige Bodenanalyse-Nr.:

3.) L U F T

Lufttemperatur: Zeit	0	15	30							
5 cm	21	20	20							
50 cm	21	20	20							
150 cm	20	19.5	19							
Luftfeuchtigkeit: Zeit	0	15	30							
F	19	18	18							
T	21	20	20							
Diff.	2	2	2							
Feuchte %										

Evaporation: Zeit	0	15	30	45	60	75	90	105	120	
ml	0	1	-	2	-	3	-	4	-	
Windgeschw. Zeit	0	15	30	45	60	75	90	105	120	
m/sec	0,5	1	1.5	0	0	2	1	1	1	
Windweg: Zeit	0	15	30	45	60	75	90	105	120	
Zählrad	792	801	807	814	821	825	832	843	849	
Diff.	0	9	6	7	7	4	7	11	6	
v_m		1	0,66	0,77	0,77	0,44	0,77	1.22	0,66	

Vorwiegende Windrichtung:

Licht: Zeit	0	15	30	45	60
Lux	43 000	40400	35000	34 000	30 000
Zeit	75	90	105	120	
Lux	27000	24000	16000	11000	

4) C H E M I S C H E U N T E R S U C H U N G E N

100 g Boden enthalten:

Nitrat (NO_3^-) mg Phosphat (PO_4^{3-}) mg
Chlorid (Cl^-) mg Kalk ($CaCO_3$) mg
Ammonium (NH_4^+) mg Humus (C) mg
Die Luft über 1 m^2 enthält: Kohlendioxid (CO_2) mg

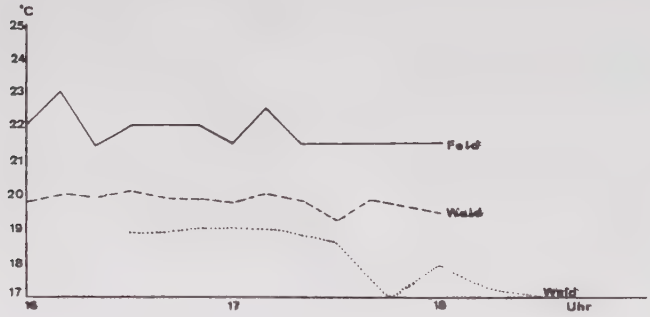
5) E R G Ä N Z U N G E N

3.4.4.5 Auswertung und Darstellung der Ergebnisse

Da aus den Protokollen eine Interpretation der Daten nur schwer möglich ist, werden die Daten zur besseren Übersicht in Diagramme übertragen. Die Kurvenverläufe werden dabei so gewählt, daß jeweils ein Faktor im Inneren und außerhalb des Bestandes zu Vergleichszwecken in eine Graphik eingetragen

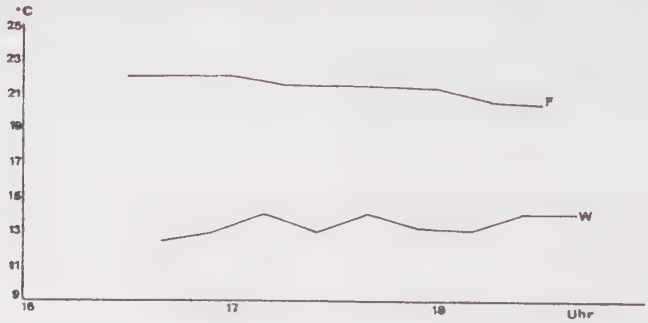
werden. Für schulische Zwecke erscheint die Anlage von OHP-Folien angebracht, die zur Demonstration und Besprechung dienen, bevor Werte auf Arbeitspapiere übertragen werden.

Abb. 60: Lufttemperatur-Messungen in 50 cm Höhe im Wald und auf dem Felde



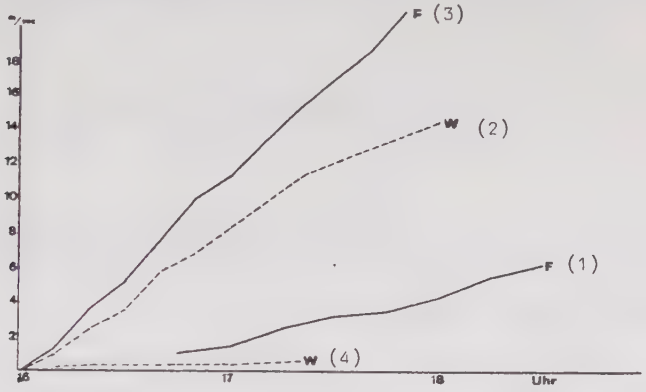
Auswertung:
Deutlich tritt der Temperaturunterschied hervor und ebenso die mildernde Wirkung des Waldes; die Temperaturschwankungen werden durch das Kleinklima gemildert – es erscheint eine ziemlich gleichförmige Kurve.

Abb. 61: Bodentemperatumessungen in 10 cm Bodentiefe



Auch im Boden macht sich das gemäßigte Kleinklima des Waldes bemerkbar; der Vergleich der Temperaturen mit der Abb. 65b läßt erkennen, daß sich in der Nacht Temperaturschwankungen der Luft im Boden nicht oder kaum bemerkbar machen (wichtige Voraussetzung für Boden- und Humusbildung).

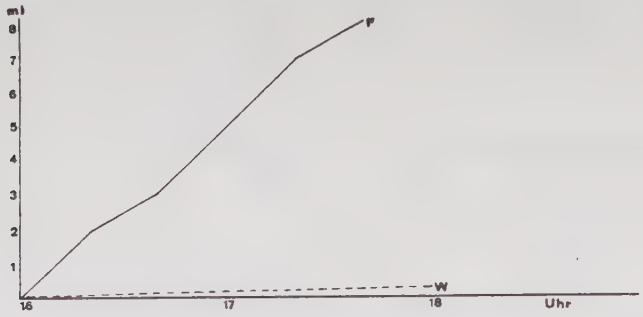
Abb. 62: Windmengenmessungen im Wald und auf dem Felde



Die kumulierte* Darstellung verdeutlicht den geringen Windeinfluß im Waldinneren. Der scheinbar geringe Unterschied in den Kurven 2 und 3 liegt in der Größe des Waldstückes und in der mangelhaften Ausbildung des Waldmantels. Die Kurve 4 entstand in einem Waldstück mit ausgeprägtem Waldmantel.

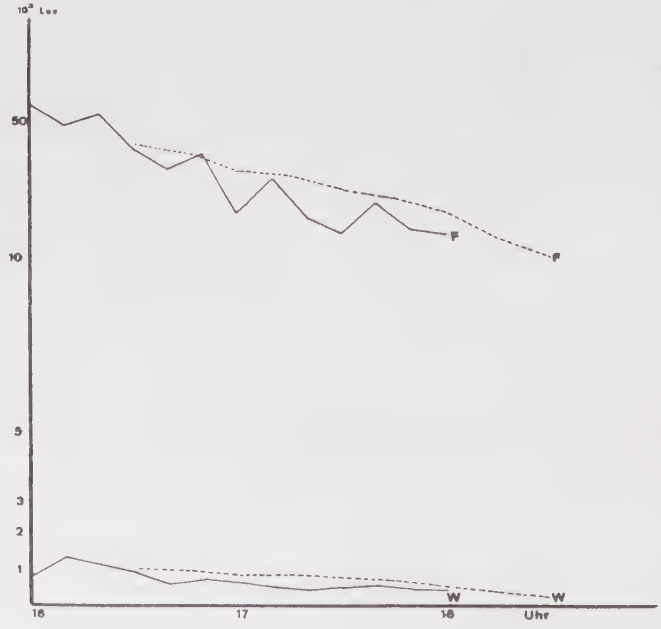
*) (graphische) Addition der Windmengenwerte von Ablesepunkt zu Ablesepunkt

Abb. 63: Evaporationsmessung in 50 cm Höhe (kumuliert)



Die kumulierte Darstellung zeigt deutlich, daß die Pflanzen des Feldes geringerer Luftfeuchtigkeit unterliegen als die Waldpflanzen: geringere Luftfeuchte bedingt erhöhte Evaporation.

Abb. 64: Lichtmessungen im Wald und auf dem Felde



Durch das Kronendach werden im Mittel 97,5 % des einfallenden Lichtes absorbiert und der darunter befindliche Boden mit Bodenpflanzen unterliegt einer geringeren Einstrahlung. Die mangelnde Einstrahlung wird von den Bodenpflanzen durch spezielle Anpassungen (z.B. große, dünne Blätter) kompensiert.

Dieser Überblick über die Kleinklimaverhältnisse an einem Nachmittag im Juni soll verdeutlichen, welchen Einfluß der Wald (u.U. auch die Hecke) auf die umgebende (im Windschatten liegende) Landschaft hat:

	mit Wald	ohne Wald
Temperatur (Luft)	kühl	warm (tagsüber)
Windmenge	gering	hoch
Luftfeuchte	hoch	gering
Beleuchtung	gering	hoch
Temperatur (Boden)	gering (kühl)	hoch (sehr warm)

Alle Faktoren gemeinsam bedingen weitere Eigenschaften des Waldes (vgl. S. 98). Den wichtigsten Einfluß dürfte die Windbeeinflussung des Waldes/der Hecke haben. Ohne Windschutz würde sonst die fruchtbare (trockene) Bodenkrume verweht (besonders in der Zeit der Vegetationslosigkeit).

Die folgenden Messungen von Temperatur und Luftfeuchte in einem Wald und einem Getreidefeld stellen kontinuierliche Schreiberaufzeichnungen über jeweils 24 Std. dar. Sie geben einen Überblick über Tages- und Nachtschwankungen.

Abb. 65 a: Feldmessung von Lufttemperatur (50 cm Höhe) und Bodentemperatur (bis 20 cm Tiefe) und Luftfeuchte am Boden am 8. und 9.6.1977

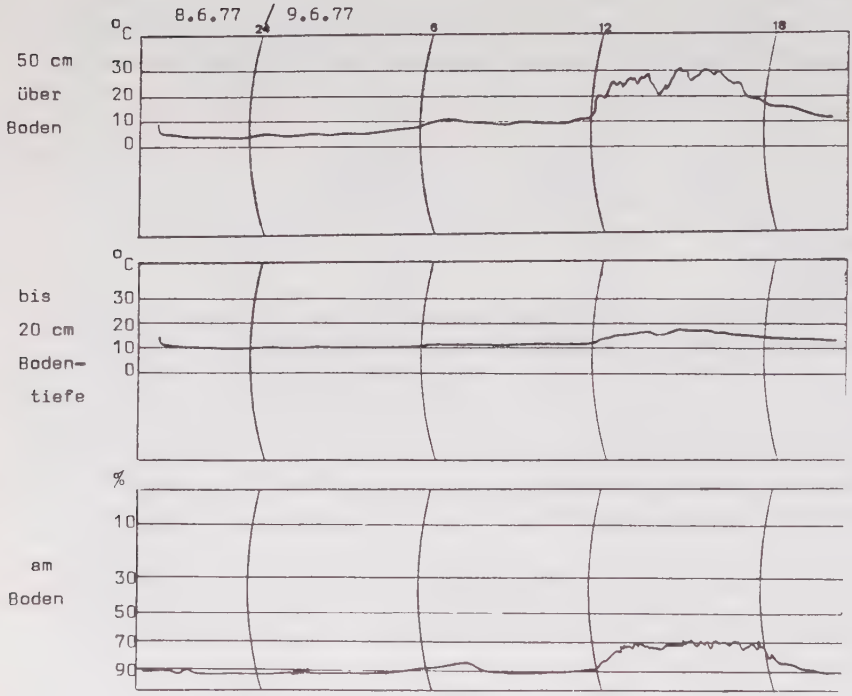
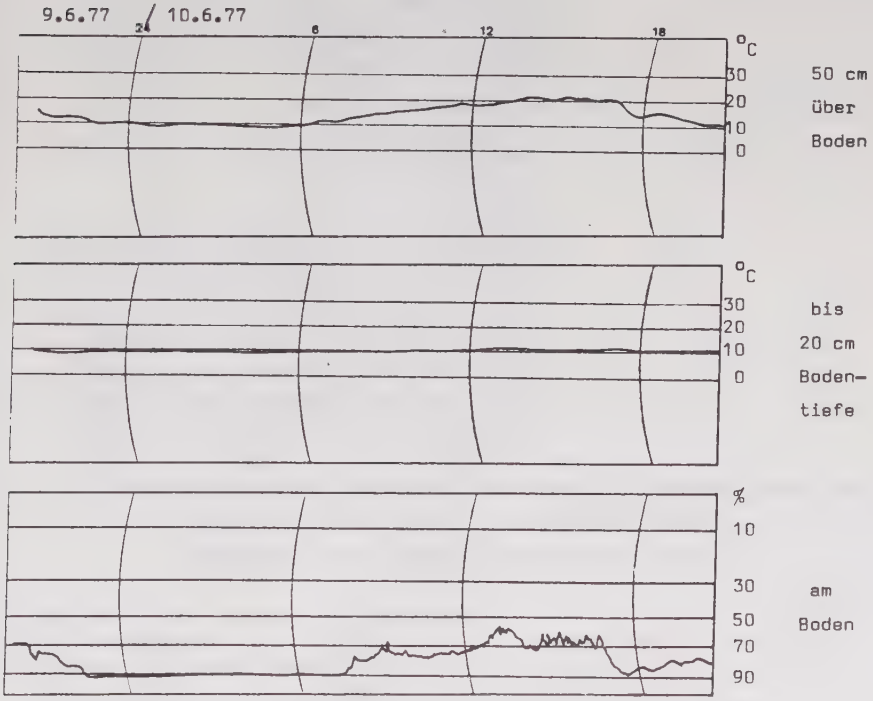


Abb. 65 b: Waldmessung von Lufttemperatur (50 cm Höhe) und Bodentemperatur (bis 20 cm Tiefe) und Luftfeuchte am Boden am 9. und 10.6.1977



Interpretation zur Feldmessung: a) Lufttemperatursprünge von 5°C bis 30°C (Differenz: 25°C)

b) Bodentemperatur: 10°C bis 15°C (max. 17°C) (Differenz: 5°C)

Mit zunehmender Einstrahlung gegen Mittag nimmt die Bodentemperatur relativ stark zu (12° - 17°C) und später kühlt sich der Boden wieder ab. Dieser Temperaturwechsel bedingt angepaßte Pflanzen.

Interpretation zur Waldmessung: a) Lufttemperatursprünge von 10°C bis 20°C (Differenz: 10°C)

b) Bodentemperatursprünge von 10°C bis 12°C (Differenz: 2°C)

Im Vergleich mit der Feldmessung ist das Klima im Wald besser, da keine großen Schwankungen auftreten. Die mehr oder weniger gleichbleibende Temperatur fördert den Abbau der organischen Substanz zu verwertbarem Humus durch Bakterien und andere Bodenlebewesen. Diese müssen bei starken Schwankungen (wie im Feld) ihre Tätigkeit bei zu hoher oder zu niedriger Temperatur einstellen, was zu Verzügen im Abbau und somit zur Anhäufung von unzersetzter Substanz (Rohhumus) führt.

Um einen Überblick über die Kleinklimaverhältnisse im Laufe eines Tages (Morgendämmerung bis Abenddämmerung) zu geben, werden nun graphische Darstellungen vom Tageslauf verschiedener Klimafaktoren vorgestellt.

Erklärung zu Abb. 66:

Beleuchtungsmessung Tagesablauf

Die in der Waldkurve herausgagende Spitze um 13°°h stellt einen Lichtfleck dar. Sonstige Schwankungen beruhen auf Windbewegungen der Kronen bzw. Wolkenbewegungen (Feldkurve).

Die dargestellten Messungen wurden von Prof. Dr. Stichmann, PH Ruhr, im Rahmen eines ökologischen Feldkurses mit Studenten erarbeitet.

Abb. 66: Lichtmessung (Tagesablauf)

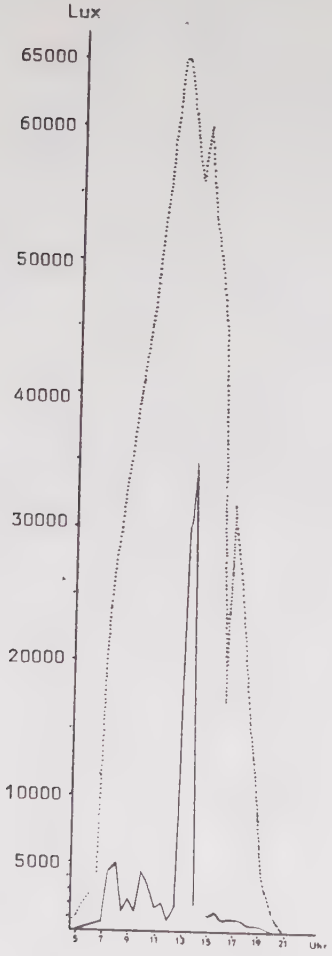


Abb. 67: Bodentemperatur-Messung

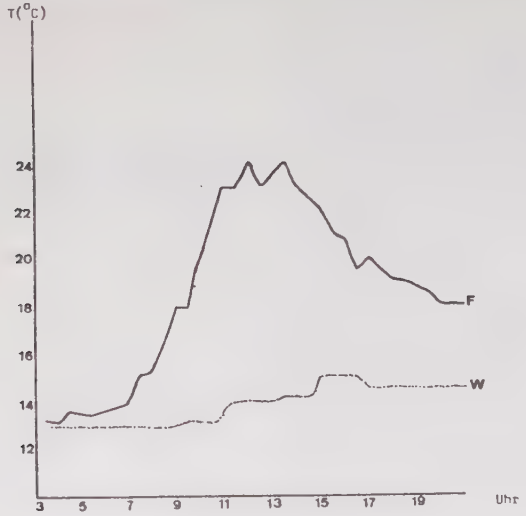


Abb. 68: Windweg-Messung

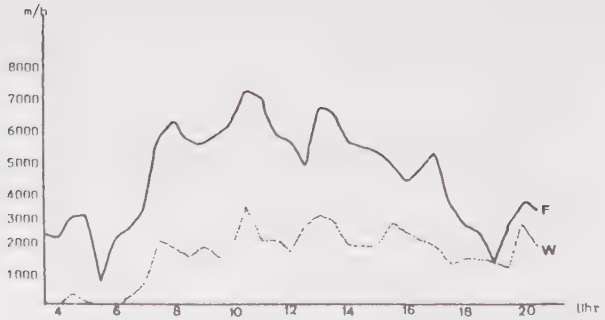


Abb. 69 a: Lufttemperaturmessung in 50 cm Höhe im Wald und auf dem Felde

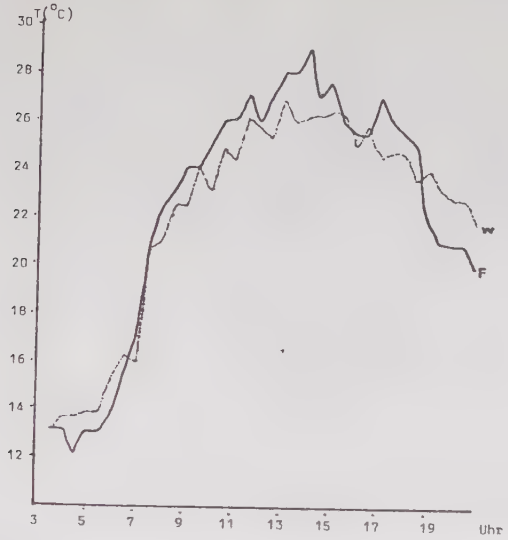


Abb. 69 b: Lufttemperaturmessung in 5 cm Höhe im Wald und auf dem Felde

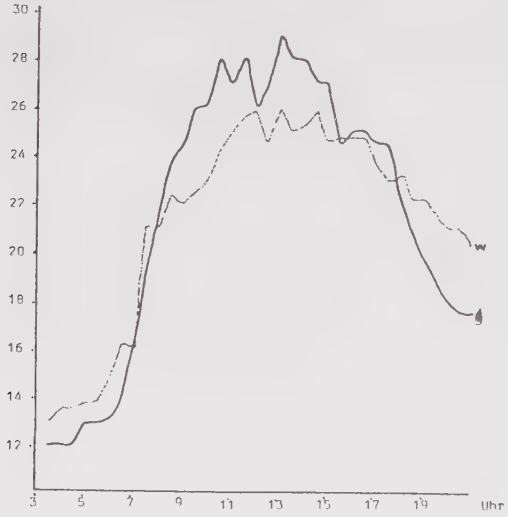


Abb. 69 c: Lufttemperaturmessung in 150 cm Höhe im Wald und auf dem Felde

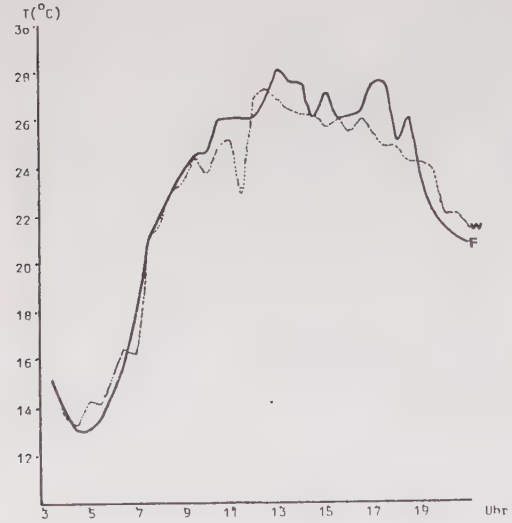
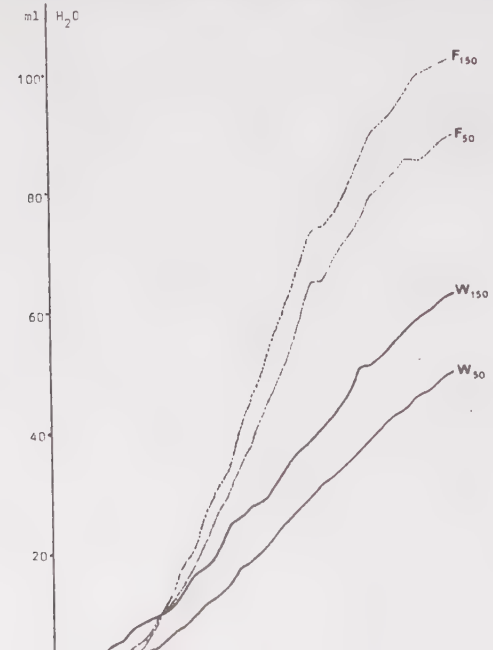


Abb. 70: Evaporationsmessungen (kumuliert)



2.4.5. Möglichkeiten weiterführender Arbeiten

An dieser Stelle werden kurze Hinweise auf weitere Arbeitsmöglichkeiten gegeben.

Bedeutung des Waldes als Luft- und Lärmfilter:

Mögliche Untersuchung der Immission durch Auslegen von präparierten Objektträgern innerhalb und außerhalb des Waldes*. Nach einer Woche oder einem kürzeren Zeitraum werden die Träger eingeholt und untersucht. Bei der Untersuchung wird im Mikroskop bei 400-facher Vergrößerung die Anzahl der Staubpartikel im Objektivblickfeld ermittelt (auszählen) und auf 1 qcm umgerechnet.

Berechnungsformel für das Objektivblickfeld (OF) :

$$\boxed{OF = \pi r^2}$$

$$r = \frac{1}{2} \times \frac{\text{Sehfeldzahl des Okulars}}{\text{Objektivvergrößerung}}$$

Für die Lärmschutzmessungen bedient man sich eines Schallpegelmessers und mißt den Lärm im Bestand und außerhalb**. Bei ausreichenden Meßwerten kann evtl. erarbeitet werden, welche Bäume und Sträucher sich für Lärmschutzpflanzungen eignen und welche ungeeignet sind; nach BUCHWALD/ENGELHARDT et al. (1968/69) eignen sich Ahorn-Arten (Acer spec.) am besten für diese Zwecke.

Weitere Anregungen sind in folgenden Arbeiten enthalten:

STEUBING: "Pflanzenökologisches Praktikum", Berlin-Hamburg 1965

STEUBING/KUNZE: "Pflanzenökologische Experimente zur Umweltverschmutzung" Heidelberg 1975

DYLLA/KRÄTZNER: "Das biologische Gleichgewicht", Heidelberg 1975

---

*) Objektträger wird mit Benzin gereinigt und dann mit doppelseitigem Klebeband beklebt. Die obere Schutzfolie wird erst am Expositionsort entfernt. Das Klebeband ist weitgehend transparent und klebt sehr gut.

**) Am besten in der Nähe einer Straße (Autobahn o.ä.).

4. Exemplarische Untersuchungen in aquatischen Ökosystemen (Süßwasser- und Moorvegetation)

4.1 Vorüberlegungen

4.1.1 Didaktische Vorbemerkungen

Die Untersuchung aquatischer Ökosysteme ist nicht nur von wissenschaftlichem, sondern auch von didaktischem Interesse, da die Bedeutung dieser Systeme in den letzten Jahren in den Blickpunkt des öffentlichen Interesses gerückt wurde. Die Forderung der Gesellschaft nach Reinhaltung der Gewässer und Schutz von Feuchtbiotopen bedingt eine vermehrte Beschäftigung mit der Problematik der genannten Systeme. Hier bietet sich die Möglichkeit, eine gesellschaftsrelevante Problematik aufzugreifen und mit naturwissenschaftlichen Methoden zu lösen. Lösungsversuche setzen aber voraus, daß spezielle Untersuchungsmethoden erprobt, fachdidaktisch überarbeitet und für Lehrer, Studenten und Schüler bereitgestellt werden. Dies geschieht im folgenden und erfährt einen exemplarischen Einsatz und eine Überprüfung an ausgewählten Beispielen.

Die in diesem Kapitel dargestellten Untersuchungen und deren Ergebnisse dienen der Erforschung eines noch unzureichend untersuchten Gebietes. Eine Vegetationskarte des Erdfallsees lag bisher nicht vor. Da jedoch eine Vegetationskarte ein gutes Hilfsmittel für die Analyse eines Ökosystems ist, stand die Erarbeitung der Vegetationskarte im Vordergrund.

Daneben wird eine einfache makroskopisch-morphologische Kartierung des Naturschutzgebietes "Großes Heiliges Meer" vorgestellt, die anläßlich einer Lehrerfortbildungstagung im Oktober 1976 durchgeführt wurde. Die Teilnehmer der Tagung waren weder Pflanzensoziologen noch Ökologen. Trotzdem konnten sie nach intensiver Feldarbeit in einer anschließenden Besprechung der Kartierergebnisse die wesentlichen Unterschiede beider Seen anhand ihrer Karten herausarbeiten. Als einziges Hilfsmittel für die Kartierung wurde neben der Karte der "Schlüssel für die höheren Syntaxa der mitteleuropäischen Pflanzengesellschaften" nach WILMANNS (1973) benutzt, der sich zur Erar-

beitung der verschiedenen Vegetationsformationen bestens bewährte.

4.1.2 Fachliche Vorbemerkungen

Für die Bearbeitung der aquatischen und amphibischen Ökosysteme ist eine kurze Erklärung der Terminologie erforderlich.

4.1.2.1 Aquatische Ökosysteme (Gewässer)

Die Gewässer werden nach ANT 1971 unterschieden als Fließgewässer (mit strömender Wasserbewegung) und als stehende Gewässer (Seen, Tümpel, Weiher, etc.).

4.1.2.1.1 Fließgewässer

Bach : Fließwasser bis 5 m Breite (ENGELHARDT 1967)

Fluß : Fließwasser ab 5 m Breite (ENGELHARDT 1967), wobei Wasserführung und Tiefe nach ANT 1971 zunehmen

Strom: sehr tiefer Fluß, der auch von großen Transportschiffen befahren werden kann (ANT 1971)

Die Fließgewässer sind landschaftsformende Wasserläufe. Durch die dem natürlichen Landschaftsgefälle folgende mehr oder weniger starke Strömung wird das Bach-/Flußbett mechanisch bearbeitet. Die bach- oder flußnahen Böden werden meist durch den Wasserstand beeinflußt und evtl. je nach Lage durch Hochwasser im Frühjahr überschwemmt.

Wegen des dauernden Zu- und Abflusses stellen Fließgewässer offene Ökosysteme dar, die wechselnden Einflüssen unterliegen. Daher eignen sie sich für exemplarische Untersuchungen nut bedingt.

4.1.2.1.2 Stehende Gewässer

Teich : künstlich angelegter (kleiner) Weiher (ENGELHARDT 1967)

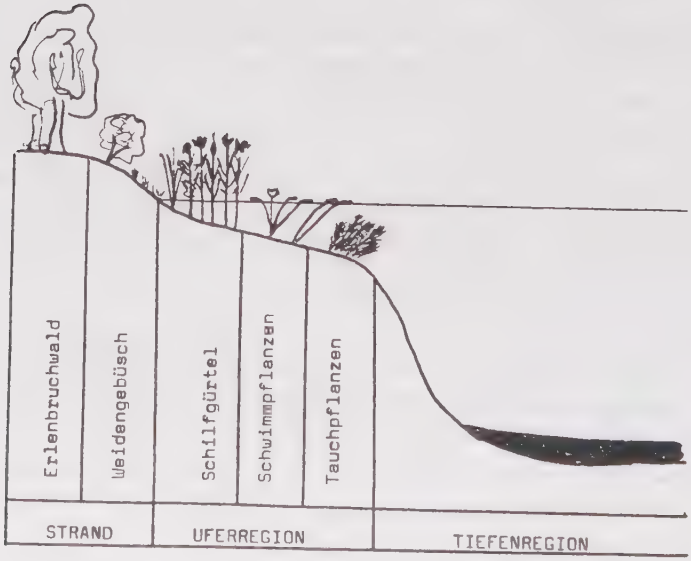
Tümpel: natürliches, flächenmäßig kleines periodisches Gewässer (ENGELHARDT 1967)

Weiher: natürliches, flächenmäßig großes Gewässer mit geringer Tiefe (unter 2 m tief, = See ohne Tiefe) (ENGELHARDT 1967)

See : natürliches, flächenmäßig großes Gewässer mit großer Tiefe (über 2 m tief)

Alle stehenden Gewässer bilden stark abgeschlossene Systeme. Sie sind durch die Vegetation typisiert. Ein See z.B. ist vom Landbewuchs her typisch mit bestimmten Pflanzenzonen umwachsen, sofern keine Störungen durch Mensch oder Tier vorliegen (Abb. 71).

Abb. 71: Vegetationszonen am Seeufer eines Süßwassersees (nach WURMBACH 1970)



Der typische natürliche See ist von einem Wald (Erlenbruch) umgeben.
Im feuchten Uferbereich außerhalb des Überflutungsbereiches lagert sich ein Weidengebüsch vor.
Im Flachwasserbereich (bis ca. 1/2 m Tiefe) erstreckt sich ein Schilfgürtel mit Schilfrohr, Rohrkolben und anderen Pflanzen, die Überflutung und stehende Nässe vertragen.
Daran schließt sich die Zone der "Schwimmblattpflanzen" an (Seerosen), die mit ihren Wurzeln und Stengeln unter Wasser leben, die Blätter und Blüten aber an der Oberfläche tragen.
Mit abnehmender Wassertiefe gesellen sich Pflanzen zum Laichkrautgürtel, die untergetaucht leben, aber über der Wasseroberfläche blühen, zusammen (Laichkräuter).
Mit zunehmender Wassertiefe wird der ständig untergetaucht lebenden Vegetation die Existenz wegen zunehmenden Lichtmangels unmöglich (ca. 5 m Tiefe) (Chara-Wiesen).

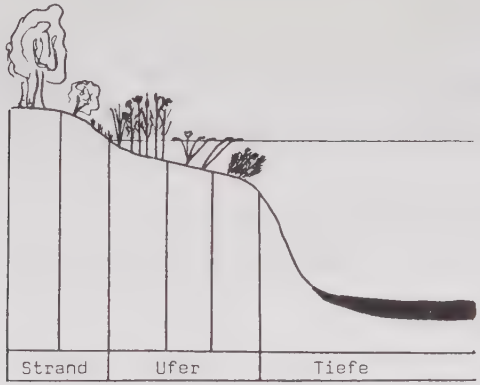
Diese typische Zonierung deutet auf ein unbeeinflußtes Gewässer hin.

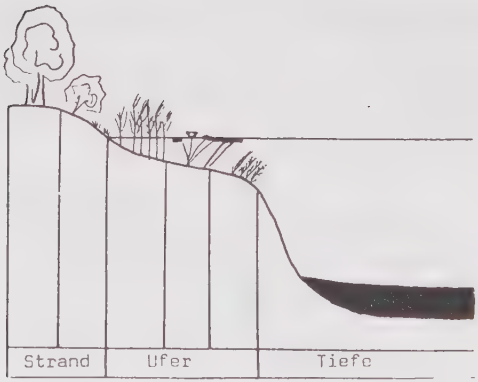
Die stehenden Gewässer (besonders Seen) lassen an der Vegetation erkennen, ob sie nährstoffarm (oligotroph), nährstoffreich (eutroph) oder nährstoffarm und versauert (dystroph) sind.

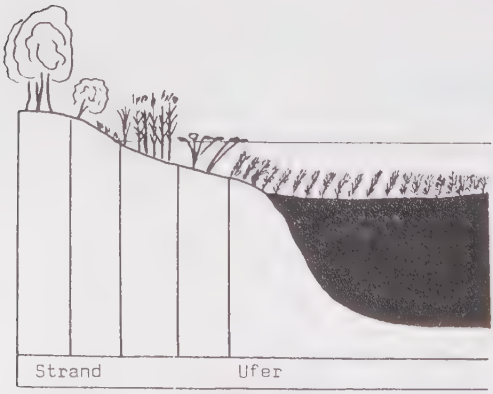
4.1.2.2 Feuchtbiotope (Sümpfe und Moore)

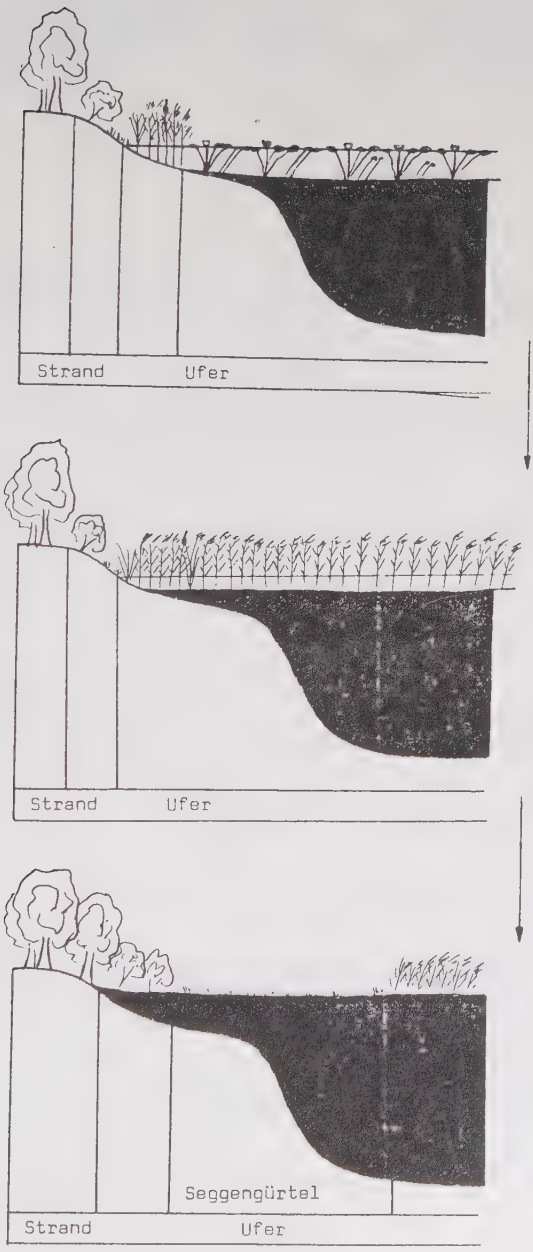
Mit zunehmender Eutrophierung (Nährstoffanreicherung) der großen Weiher und Seen tritt eine Veränderung des Randbewuchses ein. Durch Zunahme der Pflanzenmasse und durch erhöhte Produktion entstehen im Herbst erhebliche absterbende Pflanzenmengen, die nach der Zersetzung Schlamm (Gyttja) bilden. Diese Schlammauflage erhöht den Gewässerboden, so daß sich die einzelnen Pflanzengürtel immer weiter in die freie Wasserfläche vorschieben, bis die freie Wasserzone verschwunden und das Gewässer vollständig verlandet ist (Abb. 72). Bei günstigen klimatischen Bedingungen kann aus dem verlandeten Gewässer ein Hochmoor werden, wenn sich Torfmoose im Bruchwald ansiedeln.

Abb. 72: Sukzession und Verlandung eines Gewässers








Strand
Ufer
Strand
Ufer
Seggengürtel
Strand
Ufer

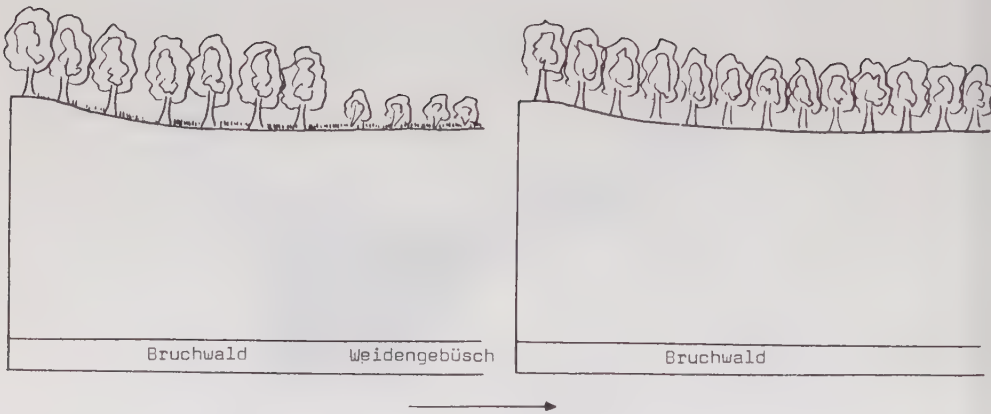
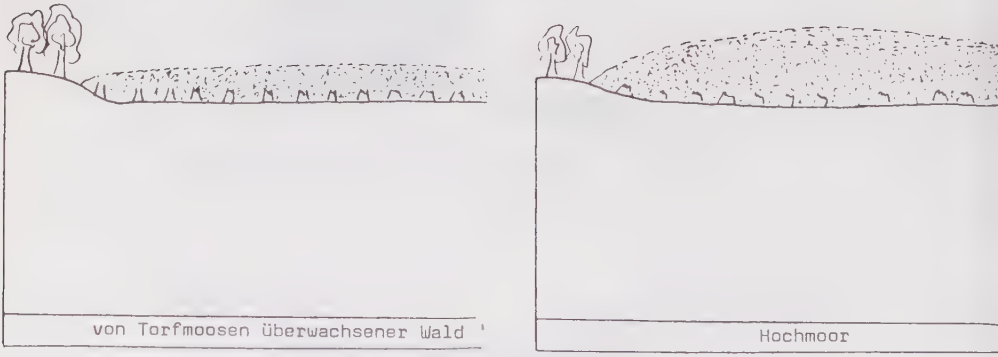


Abb. 73: Weitere Sukzession und Moorbildung



Die zunehmende Eutrophierung der Gewässer durch eingeleitete Abwässer führt ebenfalls zur beschleunigten Sukzession und damit Zerstörung der Wasserreservoire. Unter natürlichen Bedingungen dauert die Verlandung sehr lange, da wegen Nährstoffarmut stets nur geringe Schlammbildung erfolgt. Die o.g. Sukzessionsstadien lassen sich sehr leicht an der Vegetation erkennen.

4.2 Die Vegetation der Feuchtbiotope und Gewässer

4.2.1 Übersicht über die häufigsten Pflanzengesellschaftsverbände der Feuchtbiotope und Gewässer (nach ELLENBERG 1974)

Klassen	Ordnungen	Verbände Unterverbände
1 SÜSSWASSER- und MOOR-VEGETATION		
1.1 Lemnetea	1.11 Lemnetalia	1.111 Lemnion (minoris)
	1.12 Hydrocharitetalia	1.121 Hydrocharition
1.2 Utricularietea	1.21 Utricularietalia	1.211 (Sphagno-) Utricularion
1.3 Potamogetonetea	1.31 Potamogetonetalia	1.311 Potamogetonion 1.312 Nymphaeion 1.313 Ranunculion fluitantis
1.4 Littorelletea	1.41 Littorelletalia	1.411 Littorellion 1.412 Hypericion elodis
1.5 Phragmitetea	1.51 Phragmitetalia (eurosibirica)	1.511 Phragmition 1.512 Eleocharí-Sagittarion 1.513 Glycerio-Sparganion 1.514 (Magno-) Caricion elatae 1.514.1 Caricion elatae (= rostratae) 1.514.2 Caricion gracilis
1.6 Montio-Cardaminetea	1.61 Montio-Cardaminetalia	1.611 Montio-Cardaminion 1.612 Cratoneurion (commutati)
1.7 (Scheuchzerio-) Caricetea nigrae	1.71 (Scheuchzerio-) Caricetalia nigrae	1.711 Rhynchosporion (albae) 1.712 Caricion (canescenti-) nigrae 1.714 Eriophorion gracilis
	1.72 Tofieldietalia	1.722 Caricion bicolori- (atrofuscae)
1.8 Oxycocco-Sphagnetea	1.81 Sphagnetalia	1.811 Sphagnion (fusci)
	1.82 Erico-Sphagnetalia	1.821 Ericion tetralicis
3 KRAUTIGE VEGETATION OFT GESTÖRTER PLÄTZE		
3.1 Isoeto-Nanojuncetea	3.11 Cyperetalia (fusci)	3.111 (Nano-) Cyperion
3.2 Bidentetea (tripartitae)	3.21 Bidentetalia (tripartitae)	3.211 Bidention (tripartitae) 3.212 Chenopodion rubri

Klassen	Ordnungen	Verbände Unterverbände
5 ANTHROPO-ZOOGENE WIESEN und HEIDEN		
5.1 Nardo-Callunetea	5.11 Nardetalia	5.111 Nardion 5.112 Violion caninae
	5.12 Calluno-Ulicetalia	5.121 Calluno-Genistion
5.4 Molinio-Arrhenatheretea	5.41 Molinietalia	5.411 Molinion 5.412 Filipendulion 5.414 Juncion acutiflori 5.415 Calthion
7 NADELWÄLDER und VERWANDTE GESELLSCHAFTEN		
7.3 Vaccinio-Piceetea	7.31 Vaccinio-Piceetalia	7.312.2 Ledo-Pinion 7.312.3 Betulion pubescentis
8 LAUBWÄLDER und VERWANDTE GESELLSCHAFTEN		
8.1 Salicetea purpureae	8.11 Salicetalia purpureae	8.111 Salicion eleagni 8.112 Salicion albae
8.2 Alnetea (glutinosae)	8.21 Alnetalia (glutinosae)	8.211 Alnion (glutinosae)
	8.22 Salicetalia auritae	8.221 (Frangulo-) Salicion auritae
8.4 Querco-Fagetea	8.43 Fagetalia (sylvaticae)	8.433 Alno-Ulmion

Klassen	Ordnungen	Verbände Unterverbände
1 SÜSSWASSER- und MOOR-VEGETATION		
1.1 Wasserlinsen-Decken	1.11 Wasserlinsen-Ges. 1.12 Froschbiß-Ges.	1.111 Wasserlinsen-Ges. 1.121 Froschbiß-Ges.
1.2 Wasserschlauch-Schwimm-Ges.	1.21 Wasserschlauch-Ges.	1.211 (Torfmoos-) Wasserschlauch-Ges.
1.3 Schwimmblatt-Ges.	1.31 Süßwasser-Laichkraut-Ges.	1.311 Unterwasser-Laichkrautges. 1.312 Schwimmblatt-Ges. 1.313 Flutnahenfuß-Ges.
1.4 Strandlings-Ges.	1.41 Eurosib. Strandlings-Ges.	1.411 Strandlings-Ges. 1.412 Sumpfhartheu-Ges.
1.5 Röhrichte u. Seggenrieder	1.51 Eurosib. Röhrichte u. Großseggenrieder	1.511 Röhrichte 1.512 Sumpfbinsen-Pfeilkraut-Ges. 1.513 Bach-Röhrichte 1.514 Großseggen-Rieder
1.6 Quellfluren	1.61 Quellfluren	1.611 Kalkarme Quellfluren 1.612 Kalk-Quellfluren
1.7 Kleinseggenrieder	1.71 Schwingrasen und Braunseggen-Sümpfe	1.711 Moosschlenken-Ges. 1.712 Grauseggen-Sumpfwiesen 1.714 Zwischenmoore
	1.72 Kalksümpfe	1.722 Schwemmufer-Ges.
1.8 Hochmoore u. Moorheiden	1.81 Hochmoore 1.82 Moorheiden	1.811 Hochmoor-Ges. 1.821 Glockenheide-Ges.
3 KRAUTIGE VEGETATION OFT GESTÖRTER PLÄTZE		
3.1 Zwergbinsen-Teichbodenfluren	3.11 Zypergras-Ges.	3.111 Zypergras-Ges.
3.2 Zweizahn-Schlammufer-Ges.	3.21 Zweizahn-Ufer-Ges.	3.211 Teichufer-Ges. 3.212 Flußmelden-Ges.

5 ANTHROPO-ZOOGENE WIESEN und HEIDEN		
5.1 Borstgras- u. Zwergstrauchheiden	5.11 Borstgras-Rasen	5.111 alpine Borstgras-Rasen-Ges. 5.112 montane Borstgras-Rasen
	5.12 Atlant. Zwergstrauchheiden	5.121 Ginster-Sandheiden
5.4 Grünland-Ges.	5.41 Feuchtwiesen	5.411 Pfeifengras-Wiesen 5.412 Hochstauden-Wiesen 5.414 Waldbinsen-Wiesen 5.415 Sumpfdotterblumen-Wiesen
7 NADELWÄLDER und VERWANDTE GESELLSCHAFTEN		
7.3 Saure Fichtenwälder	7.31 Beeren-Nadelwälder	7.312.2 Porst-Kiefernbrücher 7.312.3 Birkenbrücher
8 LAUBWÄLDER und VERWANDTE GESELLSCHAFTEN		
8.1 Weiden-Auengehölze	8.11 Weiden-Auengehölze	8.111 Gebirgs-Weidenauen 8.112 Weidenauen tieferer Lagen
8.2 Erlenbrücher und Moorweidengebusche	8.21 Erlenbrücher 8.22 Faulbaum-Weidengebüsche	8.211 Erlenbruchwälder 8.221 Moorweidengebüsche
8.4 Reichere Laubw. u. Gebüsche	8.43 Edellaub-Mischwälder	8.433 Erlen- und Edellaub-Auenwälder

Bestimmungsschlüssel der häufigsten Feucht- und Wasserpflanzengesellschaften (Verbände)
nach WILMANNS (1973) (verändert)

1) Wasserbewohner 2
–) Feuchtboden- und Moorbewohner 14
2) in stehenden oder langsam fließenden Gewässern 3
–) in rasch fließenden Gewässern 11
3) frei auf der Wasseroberfläche schwimmend (1.1 Wasserlinsen-Decken) 4
–) am Boden wurzelnd 5
4) aus freischwimmenden Pflanzen bestehend ... 1.111 Lemnion minoris
–) vermischt mit wurzelnden Pflanzen (Froschbiß) ... 1.112 Hydrocharition
5) Pflanzen leben untergetaucht oder mit Schwimmblättern 6
–) Pflanzen nicht so ... 7
6) hauptsächlich untergetauchte Pflanzen (Laichkräuter) ... 1.311 Potamogetonion
–) hauptsächlich mit Schwimmblattpflanzen (Seerosen) ... 1.312 Nymphaeion
7) hohe Bestände, die das Wasser schilfartig säumen 8
–) niedrige, meist amphibisch lebende Bestände an oder in nährstoffarmen Seen (Klarwasserseen) 10
8) Gesellschaft mit sehr viel Schilf ... 1.511 Phragmition
–) hauptsächlich andere Gräser 9
9) vorwiegend Sumpfbinsen im Bestand mit Pfeilkraut ... 1.512 Eleocharo Sagittarion
–) hauptsächlich Seggen ... 1.514 Magno-Caricion elongatae
10) Untergrund besteht aus reinem Sand ... 1.411 Littorellion
–) Untergrund besteht aus Schlamm ... 1.412 Hypericion elodis
11) Gesellschaften im Quellbereich siedelnd 12
–) nicht im unmittelbaren Quellbereich 13
12) auf Silikatgestein (kalkarm) ... 1.611 Montio-Cardaminion
–) auf Kalkgestein, meist moosreich ... 1.612 Cratoneurion
13) Pflanzen untergetaucht lebend oder mit Schwimmblättern ... 1.313 Ranunculion fluitantis
–) röhrichtähnliche Bestände bildend ... 1.513 Glycerio-Sparganion
14) Pflanzenbestände ohne über 30 cm hohe Gehölze 15
–) ausgeprägte Gehölzformation über 30 cm Höhe 26
15) auf zeitweilig überschwemmtem Schlamm 16
–) auf zeitweise stark vernäßten Waldböden ... 3.111 Nano-Cyperion
16) im Überschwemmungsbereich von Flüssen und Seen auf nährstoffreichem Schlamm, üppige Bestände 17
–) auf wechselnassem Schlamm eintrocknender Tümpel, Teiche und Talsperrenufer ... 3.111 Nano-Cyperion
17) auf Lehm und Ton ... 3.211 Bidention
–) anders
18) aus Sand, Kies und Geröll ... 3.212 Chenopodion
–) Wiesen- (Grünland-) ähnliche Bestände 19
19) auf trockenem Moorboden oder Mineralboden 20
–) auf durchnäßtem Moorboden 22
20) Nutzung intensiv (regelmäßige Mahd und Düngung), mit vielen Sumpfdotterblumen durchsetzt ... 5.415 Calthion

–) ohne Nutzung oder extensiv genutzt 21
21) herbstliche Streumahd-Nutzung, viel Pfeifengras ... 5.411 Molinion
–) unmittelbar an Bächen, nicht genutzt ... 5.412 Filipendulion
22) Zwergstrauchreiche und torfmoosreiche Formationen 25
–) Seggen- und sauergrasreiche Formationen 23
23) über 50 cm hohe Seggenrasen und Bulten ... 1.514 Magnocaricion
–) niedere Rasen, reich an Sauergräsern 24
24) artenarme Bestände in Moorschlenken und auf nacktem Torf ... 1.71 Caricetalia nigrae
–) meist krautreiche, geschlossene Bestände auf basischen oder sauren Torfen ... 1.72 Tofieldietalia
25) auf Moorböden mit viel Glockenheide und Torfmoosen ... 1.821 Ericion tetralicis
–) nicht auf Moorböden, in tieferen Lagen ... 5.121 Calluno-Genistion
26) Strauchgesellschaften, die Moore und Flüsse begleiten 27
–) ausgeprägte Waldgesellschaften 29
27) Ufergebüsche im Überflutungsbereich 28
–) Moor-Randgebüsche ... 8.221 Frangulo-Salicion auritae
28) alpine Gesellschaften ... 8.111 Salicion eleagni
–) Gesellschaften im Tief-, Hügel- und Bergland ... 8.112 Salicion albae
29) auf Moorböden 30
–) auf Mineralböden, Auenwälder in den Niederungen von Bächen und Flüssen im Bereich des Grundwasser- und Überflutungsbereiches ... 8.433 Alno-Ulmion
30) mit Torfmoosen und Beersträuchern im Unterwuchs 31
–) Unterwuchs krautig, stellenweise fast röhrichtartig, dominierende Baumart Schwarzerle 8.211 Alnion glutinosae
31) Kiefernbruchwälder mit Torfmoosen und Sumpfporst, vorwiegend in NW-Deutschland .. 7.312.2 Ledo-Pinion
–) feuchte Birkenbruchwälder mit Moorbirken ... 7.312.3 Betulion pubescentis

Zusammenfassende Übersicht der verschiedenen Gesellschaftsverbände nach Nährstoffverhältnissen der Standort geordnet:

1) Gesellschaften der nährstoffarmen stehenden und fließenden Gewässer

1.211 Torfmoos-Wasserschlauch-Gesellschaften
1.313 Fluthahnenfuß-Gesellschaften
1.411 Strandlings-Gesellschaften
1.412 Sumpfhartheu-Gesellschaften
1.513 Bach-Röhrichte
1.611 Kalkarme Quellfluren
1.612 Kalk-Quellfluren

2) Gesellschaften der nährstoffreichen stehenden und fließenden Gewässer

1.111 Wasserlinsen-Gesellschaften
1.311 Unterwasser-Laichkraut-Gesellschaften
1.312 Schwimmblatt-Gesellschaften
1.511 Röhrichte
1.514 Großseggen-Rieder
3.211 Teichufer-Gesellschaften
3.212 Flußmelden-Gesellschaften
5.412 Hochstauden-Wiesen
5.415 Sumpfdotterblumen-Wiesen
8.111 Gebirgs-Weidenauen
8.112 Weidenauen tieferer Lagen
8.211 Erlenbruchwälder
8.221 Faulbaum-Weidengebüsche

3) Gesellschaften der Moore

1.211 Torfmoos-Wasserschlauch-Gesellschaften
1.711 Moorschlenken-Gesellschaften
1.714 Zwischenmoore
1.721 Kalkflachmoore
1.722 Schwemmufer-Gesellschaften
1.821 Glockenheide-Gesellschaften
5.121 Ginster-Sandheiden
5.411 Pfeifengras-Wiesen
7.312.2 Porst-Kiefernbrücher
7.312.3 Birkenbrücher

4.2.2 Kurze Beschreibung der häufigsten Feucht- und Wasserpflanzen-Gesellschaften (in Anlehnung an ELLENBERG 1963, RUNGE 1973, OBERDORFER 1957, FUKAREK 1964)

4.2.2.1 Gesellschaften der nährstoffarmen Gewässer

1.4* Strandlings-Gesellschaften (Littorelletea)

An den nährstoffarmen (oligotrophen) Gewässern findet man seltene Pflanzengesellschaften, die bei Nährstoffanreicherung und damit verbundener Schlammbildung rasch zugrunde gehen. Sie sind gekennzeichnet durch das Vorkommen der folgenden seltenen Arten:

1.411* Strandling (Littorella uniflora)
Wasserlobelie (Lobelia dortmanna)
Brachsenkraut (Isoetes lacustris)
1.412 Sumpfhartheu (Hypericum elodes)

1.2 Wasserschlauch-Schwimmgesellschaften (Utricularietea)

Im extrem oligotrophen Wasser von Moortümpeln und in Schlenken findet man die Wasserschlauch-Gesellschaften mit

Torfmoosen (Sphagnum spec.)
Kleiner Wasserschlauch (Utricularia minor)
Mittlerer Wasserschlauch (Utricularia intermedia)

Der extremen Nährstoffarmut der Hochmoore entsprechend haben die Wasserschlaucharten eine besondere Weise der Stickstoffversorgung entwickelt: durch Fangblasen versorgen sie sich mit tierischem Eiweiß, indem sie Wasserflöhe, kleine Insektenlarven o.ä. fangen und verdauen. Ähnlich den anderen fleischfressenden Pflanzen der Hochmoore (s.S. 200) verdeutlicht diese Pflanzenart in beispielhafter Weise die Anpassung an extreme Standortbedingungen (Erschließung einer ökologischen Nische).

---

*) Kennziffern zur Übersicht auf S. 190

Abb. 75 a: Fangblase des Wasserschlauches (nach DANERT in: URANIA PFLANZENREICH, Bd. 2, 1973)

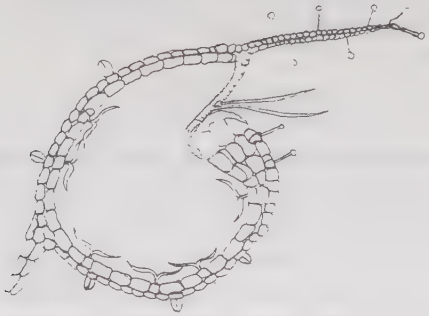
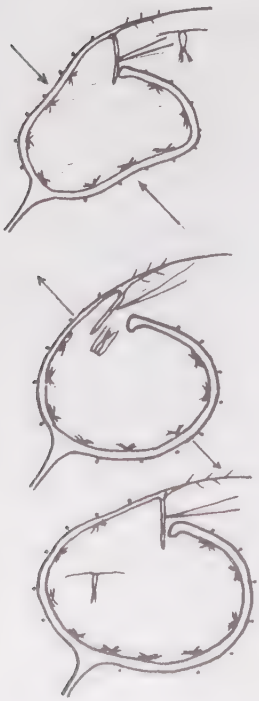


Abb. 75 b: Fangapparat (Funktion)



Funktion: Das Innere der Fangblase ist mit Wasser gefüllt, aber die Außenwände der Blase stehen unter Spannung. Berührt ein Tier eine der Sinnesborsten, so öffnet sich die Klappe der Blase nach innen, wobei sich die Wände entspannen. Auf diese Weise wird der Wasserfloh samt umgebendem Wasser verschluckt und anschließend verdaut und aufgenommen.
(aus: STRASBURGER: Lehrbuch der Botanik, S. 193/195)

1.313 Fluthahnenfuß-Gesellschaften (Ranunculion fluitantis)

Im sauberen, unverschmutzten Fließwasser der Bergbäche kommt eine Pflanzengesellschaft mit

Fluthahnenfuß (Ranunculus fluitans)
Dichtem Fischkraut (Groenlandia densa)
und Bachquellmoos (Fontinalis antipyretica)

vor, die die gute Wasserqualität anzeigt. Auch in dieser Gesellschaft läßt sich am Hahnenfuß die Anpassung an die extremen Standortbedingungen (hier: Wasserströmung) demonstrieren: die unter der Wasseroberfläche gelegenen und damit in hohem Maße der Strömung ausgesetzten Blätter sind zerschlitzt, so daß sie dem Wasser weniger Widerstand entgegen setzen; außerdem fluten sie in der Strömung, was den Widerstand ebenfalls mindert.

Abb. 76: Flutender Hahnenfuß

Da der Fluthahnenfuß sehr gesellig lebt, bilden sich häufig große Büschel, in denen viele Kleintiere des Wassers Schutz, Nahrung und Sauerstoff finden.

4.2.2.2 Gesellschaften der nährstoffreichen Gewässer

Die Ufervegetation der nährstoffreichen (mesotrophe und eutrophe) Gewässer zeigt eine typische Vegetationsgürtel-Gliederung, wobei die verschiedenen Gürtel von verschiedenen Pflanzengesellschaften gebildet werden.

1.1 Wasserlinsen-Decken (Lemnetea)

Die freischwimmenden Decken aus Wasserlinsen befinden sich häufig in enger Verzahnung mit anderen Gesellschaften und wurden relativ spät als eigene Klasse aufgeführt. Sie bestehen hauptsächlich aus mehreren Wasserlinsen-

Arten (Lemna gibba, Lemna minor, Lemna trisulca) und Schwimmfarn (Salvinia natans) oder Algenfarn (Azolla filiculoides).
Eine Übergangsform bildet der Verband der Wasserlinsen-Froschbiß-Gesellschaften (Hydrocharition) als Anschlußgesellschaften an andere Vegetations-Gürtel-Gesellschaften in Ufernähe.

1.3 Laichkraut-Gesellschaften (Potamogetanetea)
Die submers wurzelnden Pflanzengürtel der Laichkrautgesellschaften (1.311) und Seerosengesellschaften (1.312) zeichnen die Verlandungszonen der nährstoffreichen Gewässer aus.

1.311 Potamogetonion (Laichkraut-Gesellschaften)
Unter Wasser lebende laichkrautreiche Pflanzengesellschaften wurzeln in größerer Tiefe und bilden teilweise untergetauchte Gürtel, den folgenden Schwimmpflanzengürteln vorgelagert. Charakterpflanzen dieser Zone sind:

verschiedene Laichkraut-Arten (Potamogeton spec.)
Wasserpest (Elodea canadensis)
Tausendblatt (Myriophyllum spicatum)

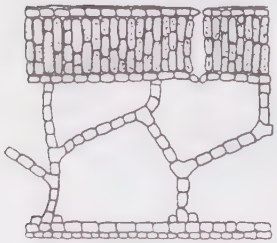
Diese Zone bietet vielen Wassertieren, besonders Fischen, Nahrung und Schutz.

1.312 Seerosen-Gesellschaften (Nymphaeion)
Im flacheren Wasser wurzeln die Schwimmblattpflanzen mit einigen geschützten Arten, deren Anpassungen an das Laben im Wasser bemerkenswert sind (Abb.
Charakterarten dieser Zone sind:

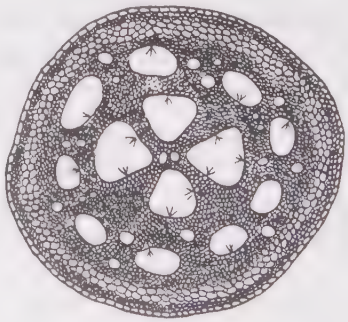
Weiße Seerose (Nymphaea alba)
Gelbe Teichrose (Nuphar luteum)
Wasserfeder (Hottonia palustris)
Schwimmendes Laichkraut (Potamogeton natans)

Der Seerosen-Gürtel wächst haptsächlich auf Schlamm der meso- bis eutrophen Gewässer und weist auf Nährstoffreichtum hin.

Abb. 77: Anatomie des Seerosen-Blattes und -Stengels



Blatt-Querschnitt



Stengel-Querschnitt

Beide Querschnitte zeigen das für die Schwimmblattpflanzen typische Aerenchym - ein Durchlüftungsgewebe, das der Luftversorgung dient; die Spaltöffnungen des Seerosenblattes liegen an der Blattoberseite, um den Gasaustausch mit der Atmosphäre zu gewährleisten.

1.5 Röhrichte und Großseggen-Rieder

An stehenden Gewässern folgt im Flachwasserbereich des Ufers der für die Verlandung typische Schilfgürtel, der sich zum Land hin als Seggengürtel fortsetzen kann.

1.511 Röhricht-Gesellschaften (Phragmition)

Der eigentliche Röhricht-Gürtel trägt mit seinen typischen Pflanzen (s.u.) sehr zur Verlandung und Schlammbildung des Gewässers bei, da die Pflanzen dieser Zone sehr produktiv sind. Charakterpflanzen dieser Zone:

Sumpfsimse (Eleocharis palustris)
Schwertlilie (Iris pseudacorus)
Wasserfenchel (Oenanthe aquatica)
Großer Wasserschwaden (Glyceria maxima)
Zungen-Hahnenfuß (Ranunculus lingua)
Schilf (Phragmites communis)
Rohrkolben (Typha angustifolia, Typha latifolia)
Teichsimse (Schoenoplectus lacustris)

Besonders an langsam fließenden Gewässern und an Gräben siedelt sich das schilfähnliche Rohrglanzgras* (Phalaris arundinacea) in großen Beständen an.

1.513 Bach-Röhrichte (Glycerio-Sparganion)

An fließenden Gewässern (Bächen) und sekundär an Wiesengräben haben sich Röhricht-Bestände mit Flutendem Schwaden (Glyceria fluitans) und Brunnenkresse (Nasturtium officinale) angesiedelt; ein häufiger Begleiter dieser Arten ist der Bachbungen-Ehrenpreis (Veronica beccabunga).

1.514 Großseggen-Rieder (Magnocaricion)

Die Gesellschaften dieses Verbandes bilden die Anschlußgürtel der Röhrichte bei der natürlichen Verlandung. Die Charakterpflanzen sind zum großen Teil Sauergräser und bilden größere geschlossene Vegetationsdecken. Durch menschlichen Einfluß können diese Rieder in Grünland (Wiesen) überführt werden

---

*) leicht unterscheidbar am ca. 5 mm langen Blatthäutchen, das dem Schilf fehlt (nach AICHELE/SCHWEGLER 1973)

(= Melioration). Die Pflanzen dieser Zone sind ebenfalls sehr produktiv und erhöhen unter natürlichen Bedingungen ihren Standort, auf dem dann später der Erlenbruchwald wächst. Charakterpflanzen dieser Zone:

verschiedene Seggen-Arten (Carex spec.)
darunter häufig: Schnabelsegge (Carex rostrata)
Spitzsegge (Carex gracilis)
Sumpf-Labkraut (Galium palustre)
Sumpf-Haarstrang (Peucedanum palustre)
Sumpf-Helmkraut (Scutellaria galericulata)

1.6 Quellfluren

Im Bereich der Quellen finden sich je nach Untergrund zwei verschiedene Gesellschafts-Verbände, wobei die Bodenreaktion einen wichtigen Standortfaktor darstellt.

1.611 Kalkarme Quellfluren (Montio-Cardamimion)

Auf Silikatgestein im Bergland begleiten Gesellschaften dieses Verbandes den Bachoberlauf. Charakterarten dieser Zone:

Bitteres Schaumkraut (Cardamine amara)
Gegenständiges Milzkraut (Chrysosplenium oppositifolium)
Sumpfmiere (Stellaria alsine)
Nickendes Weidenröschen (Epilobium nutans)

1.612 Kalktuff-Quellfluren (Cratoneurion commutati)

Auf Kalkgestein, besonders in den Alpen, bilden sich moosreiche Bachbegleit-Gesellschaften mit wenigen höheren Pflanzen. Charakterarten dieser Zone:

Glanz-Gänsekresse (Arabis soyeri)

Als Begleiter treten auf:

Bitteres Schaumkraut (Cardamine amara)
Mieren-Weidenröschen (Epilobium alsinifolium)

1.7 Kleinseggen-Rieder (Scheuchzerio-Caricetea nigrae)

Diese Klasse umfaßt hauptsächlich die seggenreichen Gesellschaften der Moore. Die Nährstoffarmut und die meist saure Reaktion des Bodens (meist Torf) sowie die starke Durchfeuchtung und damit verbundene Sauerstoffarmut des Bodens sind wichtige Standortfaktoren. Charakterarten der Klasse:

Fieberklee (Menyanthes trifoliata)
Sumpfblutauge (Potentilla palustris)
Schmalblättriges Wollgras (Eriophorum angustifolium)

1.711 Moorschlenken-Gesellschaften (Rhynchosporion albae)

Die Gesellschaften der Moorschlenken (wassergefüllte, nasse Senken im lebenden Hochmoor) und der Zwischenmoore besiedeln den nährstoffarmen, sauren und nassen Torf. Charakterarten:

Mittlerer Sonnentau (Drosera intermedia)
Weißes Schnabelried (Rhynchospora alba)
Braunes Schnabelried (Rhynchospora fusca)
Blasenbinse (Scheuchzeria palustris)

Am Sonnentau läßt sich die Anpassung der Pflanze an die Nährstoffarmut, die sich besonders im Stickstoffmangel äußert, demonstrieren: als fleischfressende Pflanze deckt sie ihren Stickstoffbedarf durch tierisches Eiweiß. Die übrigen Pflanzen sind auf die mangelhafte Stickstoffversorgung*angewiesen, sofern sie nicht durch Symbiose mit Pilzen an ihren Wurzeln (sog. Mycorhiza) leben; die Pilze bauen die organische Materie im Boden ab und machen sie der Pflanze verfügbar. Andere Pflanzen, z.B. die Gräser, müssen mehr Wasser durch den Organismus leiten, um durch mengenmäßig höhere Wasseraufnahme den Stickstoffmangel auszugleichen.

1.712 Grauseggen-Sumpfwiesen (Caricion nigrae)

Die Gesellschaften der Grauseggen-Sumpfwiesen bilden häufig Randzonen der Verlandungsvegetation und der Flachmoore. Sie kommen auf sauren nährstoffarmen Böden vor. Charakterarten:

verschiedene Seggen-Arten (Carex spec.)
darunter häufig: Grausegge (Carex canescens)
Stachelsegge (Carex echinata)
Brennender Hahnenfuß (Ranunculus flammula)

1.714
Besonders in Nordeuropa (Fennoskandinavien) verbreitete Gesellschaften an den Rändern der Hochmoore. Ansonsten stellen sie Zwischenmoor-Gesellschaften dar; auf Hochmooren besiedeln sie verfestigte Schlenken. Charkaterarten:

Fadensegge (Carex lasiocarpa)

1.722 Kalkflachmoore (Caricion bicolori)

Besonders in Süddeutschland verbreitete Gesellschaften an Quellaustritten kalkreicher Gewässer (FUKAREK). Die Gesellschaften leben auf kalkreichen, torfhaltigen Böden. Charakterarten:

Dreiblütige Binse (Juncus triglumis)

1.721 Torfseggen-Kalksümpfe (Eriophorion latifolii)

Ebenfalls besonders im südlichen Deutschland verbreitete Gesellschaften auf

*) hauptsächlich aus den Niederschlägen und wenig aus dem Boden

basischem Untergrund. Charakterarten:

Schwarzes Kopfried (Schoenus nigricans)
Rostrotes Kopfried (Schoenus ferrugineus)
Davall-Segge (Carex davallina)
Breitblättriges Wollgras (Eriophorum latifolium)

In der Ordnung der Kalksümpfe (1.72: Tofieldietalia) kommt als Charakterart das seltene Fettkraut (Pinguicula vulgaris) vor, das mit Hilfe seiner umgeformten Blätter Insekten fängt und verdaut.

1.8 Hochmoore und Moorheiden

Die seltenen Hochmoore stellen extreme Lebensräume dar durch den hohen, moreigenen (d.h. grundwasser-unabhängigen) Wasserstand, der meist nur wenige cm unter der obersten Vegetationsdecke liegt. Der dauernde hohe Wasserstand sorgt für die Torfbildung (unvollkommene Zersetzung organischer Substanz, da die nassen Schichten rasch sauerstoffarm oder -frei sind und daher die Lebensbedingungen für die meisten Reduzenten sind.

Auch die den Torfmoos-Schwingrasen besiedelnden höheren Pflanzen müssen mit dem Problem des Wasserstandes fertig werden. Sie wurzeln flach und schieben ihre Rhizome durch die oberen, teilweise austrocknenden Schichten der Torfmoose. Die Torfmoose selbst sind in der Lage, das 10 bis 20fache ihres Eigengewichtes an Wasser aufzunehmen und zu speichern. Sie wachsen ständig nach oben, während sie im unteren Teil absterben.

Durch den durch Sauerstoffmangel bewirkten unvollständigen Abbau der organischen Substanz entstehen Huminsäuren, die ihrerseits den Standort stark versauern (pH-Wert unter 5), was die Besiedelung durch höhere Pflanzen noch erschwert.

Der unvollständige Abbau wirkt sich ebenfalls negativ auf den Stickstoffhaushalt aus, da der im Torf gebundene Stickstoff dem System für immer entzogen ist (Abb. 78 und 79).

Das Hochmoor stellt einen extremen Lebensraum dar, da es vom mineralhaltigen Grundwasser unabhängig ist und nur durch mineralarmes Niederschlagswasser gespeist wird. Dazu kommen Staub und Pollen aus der Luft als Nährstoffquelle. Dementsprechend zeigen viele Hochmoorpflanzen bestimmte Anpassungserscheinungen an diesen nährstoffarmen Biotop:

Abb. 78: Normaler Stickstoffkreislauf (nach NULTSCH 1977)

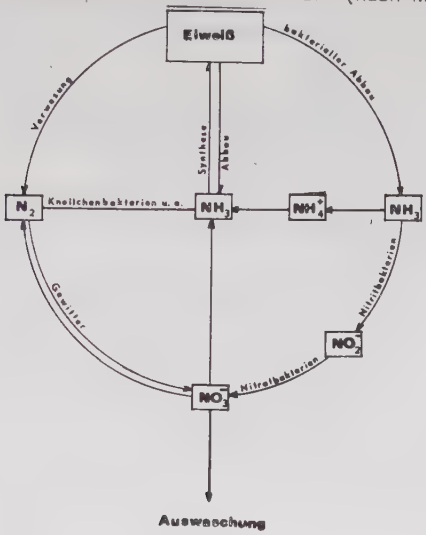
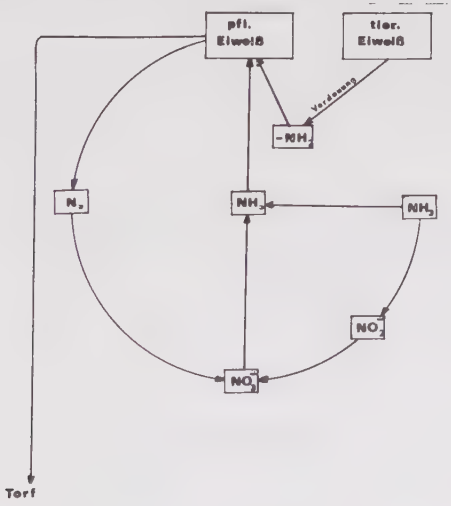


Abb. 79: Moor-Stickstoffkreislauf



1) insektivore Pflanzen: Sonnentau, Wasserschlauch, Fettkraut
   - decken Stickstoff durch tierisches Eiweiß
2) Mycorhize-Pflanzen: Erika - Heide
   - decken Stickstoff durch abbauende Pilze
3) xeromorphe Pflanzen: Wollgras und andere Sauergräser
   - decken Stickstoff durch vermehrte Transpiration
4) anspruchslose Pflanzen: Torfmoos
   - decken Stickstoff durch reduzierten Stoffwechsel

1.811 Hochmoor-Bult-Gesellschaften (Sphagnion fusci)

Torfmoosreiche Gesellschaften bilden durch ihr Längenwachstum die Bulte und Schlenken (wechselndes Wachstum der Mooroberfläche). Nur wenige höhere Pflanzen besiedeln diese naß-sauren Standorte. Charakterarten:

Rosmarin-Heide (Andromeda polifolia)
Scheiden-Wollgras (Eriophorum vaginatum)
Rundblättriger Sonnentau (Drosera rotundifolia)
Torfmoose (Sphagnum spec.)
besonders: Sphagnum fuscum und Sphagnum recurvum

1.821 Moorheiden (Ericion tetralicis)

Die zwergstrauchreichen Feuchtheiden siedeln auf Torfböden und Hochmoorbulten (wo sie schwach entwickelt sind). Sie leiten über zu den trockenen Zwergstrauchheiden. Charakterarten:

Glockenheide (Erica tetralix)
Moorlilie (Narthecium ossifragum)

3.1 Zwergbinsen-Teichbodenfluren (Isoeto-Nanojuncetea)

3.111 Zypergras-Gesellschaften (Nano-Cyperion)

Feuchte bis nasse Standorte an Ufern und Wegen werden von den Zypergras-Gesellschaften besiedelt. Meist siedeln sie auf mäßig nährstoffreichem Grund und werden häufig übersehen. Charakterarten:

Gelbliches Zypergras (Cyperus flavescens)
Krötenbinse (Juncus bufonius)
Zwerglein (Radiola linoides)
Eisimse (Eleocharis ovata)

3.2 Zweizahn-Schlammufergesellschaften (Bidentetea)

Die im Sommer trockenfallenden Säume der Ufer stehender und fließender Gewässer werden von den Pioniergesellschaften besiedelt, die nährstoffreichen Untergrund anzeigen.

3.211 Zweizahn-Gesellschaften (Bidention tripartitae)

Vorwiegend am Ufer stehender Gewässer wachsen Zweizahn-Gesellschaften mit folgenden Charakterarten:

Reisquecke (Leersia oryzoides)
Wasserpfeffer (Polygonum hydropiper)
Nickender Zweizahn (Bidens cernua)

3.212 Flußmeldenfluren (Chenopodium rubri)

Vorwiegend am Ufer der fließenden Gewässer wachsen die Flußmeldenfluren. Charakterarten:

Rote Melde (Chenopodium rubrum)
Meergrüne Melde (Chenopodium glaucum)

7.3 Fichtenwälder und verwandte Gesellschaften

Im Bereich der Hoch- und Flachmoore sind die Standortbedingungen für Bäume, auch wenn sie wie die Nadelbäume anspruchslos sind, ungünstig wegen der hohen Bodenfeuchte, Säuregehalt und Nährstoffarmut. Trotzdem werden die Ränder der Hochmoore und einige Stellen der Flachmoore von Gesellschaften der sauren Fichtenwälder besiedelt.

7.312 Moor- und Fichtenwälder (Vaccinio-Piceion)

7.312.2 Nadelholzbrücher (Ledo-Pinion)

Die Nadelholzbrücher besiedeln Hochmoor-Ränder und feuchte/nasse Senken der Mittelgebirge. Im Unterwuchs sind viele Zwergsträucher (Heidel-, Preiselbeere, Heidekraut) und Torfmoose vertreten. Die Bäume sind vorherrschend schlechtwüchsige Kiefern. Charakterarten:

Waldkiefer (Pinus silvestris)
Sumpfporst (Ledum palustre) im Nordosten Deutschlands/Europas
Moosbeere (Vaccinium uliginosum)
Preiselbeere (Vaccinium vitis-ideae) häufige Begleiter
Heidekraut (Calluna vulgaris)

8.1 Weiden-Auengehölze (Salicetea purpurea)

Die Weichholz-Auwälder mit Weiden (Salix spec.) als Bestandsbildner säumen hauptsächlich die fließenden Gewässer.

8.111 Lavendelweiden-Gesellschaften (Salicion eleagni)

Die Alpenbäche/-flüsse werden hauptsächlich von den Lavendelweiden-Gesellschaften begleitet. Charakterarten:

Reifweide (Salix daphnoides)
Lavendelweide (Salix eleagnos)

8.112 Weichholz-Auwälder (Salicion albae)

Im Hügel- und Tiefland werden die Auen (Tieflandtäler an Flüssen) von Weiden-Beständen begleitet, die durch die folgenden Arten charakterisiert sind:

Weißweide (Salix alba)
Mandelweide (Salix triandra)
Korbweide (Salix viminalis)
Schwarzpappel (Populus nigra)

8.2 Erlenbrücher und Moorweidengebüsche

An stehenden Gewässern werden die Verlandungszonen zum festen Land hin von Weidengebüschen als Vorform der Erlenbrücher und später von Erlenbruchwäldern umgeben.

8.211 Erlenbrücher (Alnion glutinosae)

Auf nährstoffarmen, nassen Flachmoortorfen siedelt sich ein Wald aus Erlen an (unter natürlichen Bedingungen). Die Schwarzerle ist durch an ihren Wurzeln befindliche Knöllchen, in den der Strahlenpilz sitzt, befähigt, den Luftstickstoff, den der Strahlenpilz bindet, für die Stickstoffversorgung zu nutzen. Sie ist daher wie die Glockenheide auch an das Leben auf nährstoffarmem Substrat angepaßt. Charkaterarten:

Königsfarn (Osmunda regalis)
Schwarzerle (Alnus glutinosa)
Grauweide (Salix cinerea)
Lorbeerweide (Salix pentandra)
Bittersüßer Nachtschatten (Solanum dulcamara)
Sumpfreitgras (Calamagrostis canescens)

8.221 Moorweiden-Gebüsche (Frangulo-Salicion auritae)

Die Vorstufe des Erlenbruchwaldes bilden die Weidengebüsche am Rande der Gewässer vorwiegend im Tiefland. Charakterarten:

Ohrweide (Salix aurita)
Faulbaum (Frangula alnus) Begleiter
Gagelstrauch (Myrica gale) in Nordwest-Deutschland

8.433 Auenwälder (Alno-Ulmion)

An Ufern fließender Gewässer finden sich artenreiche Erlen-Eschen-Wälder mit wechselnder Dominanz beider Baumarten. Charakterarten:

Wechselblättriges Milzkraut (Chrysosplenium alternifolium)
Riesenschwingel (Festuca gigantea)
Goldstern (Gagea lutea)
Hainmiere (Stellaria nemorum)
und viele andere Feuchtpflanzen

5.121 Zwergstrauchheiden (Calluno-Genistion)

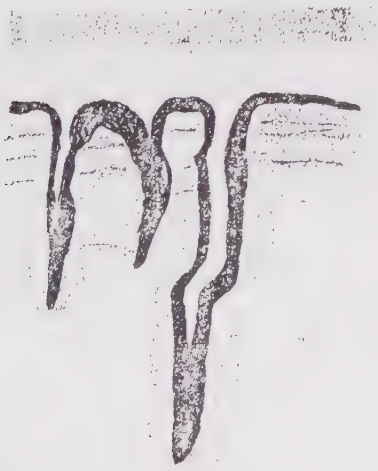
Die Zwergstrauchheiden bilden als trockene Heiden, im Gegensatz zu den Feuchtheiden der Moore, heute eine Ersatzvegetation ehemaliger bodensaurer Waldgesellschaften. Durch menschlichen Einfluß (Beweidung) wurden und werden die Baumkeimlinge und -jungpflanzen verbissen; die Heidepflanzen regenerieren schnell und brauchen den Verbiß für ihre weitere Existenz, da sie sonst von den Bäumen verdrängt würden.

Die trockene Heide hat folgende Charakterpflanzen:

Besenheide (Calluna vulgaris)
Ginster-Arten (Genista anglica, Genista germanica, Genista pilosa)

Unter der Trockenheide-Vegetation bilden sich sehr leicht der Heidepodsol als Bodentyp aus (S. 20). Die saure Streu der Heidepflanzen sorgt dabei für eine rasche Auswaschung der oberen Bodenhorizonte (A_1 und A_2) und gleichzeitige Einwaschung in den Unterboden, wo die Humusstoffe mit dem Quarzsand eine relativ feste sogenannte Orterde (oder Ortstein bei zunehmendem Alter und Verfestigung) bilden. Diese mehr oder weniger feste Schicht ist im Profil als dunkles Band unter dem hellen A_2-Horizont erkennbar (Abb. 80) und stellt für die Wurzeln z.B. der Kiefer ein undurchdringliches Hindernis dar. Die Pfahlwurzel der Kiefer wächst in solchen Fällen horizontal entlang der Ortsteinschicht.Auf diese Weise verdirbt die Heide den Boden. Der Podsol kann nur mit hohem Aufwand kultiviert werden durch tiefes Umpflügen und gleichzeitiger Zerstörung des Ortsteins bzw. der Orterde.

Abb. 80: Podsol-Profil mit Wurzelbett (nach TÜXEN aus KELLE 1968)



Auf ehemaligen Baumbewuchs der Heideflächen weisen die Wurzelkanäle im Profil hin (Abb. Diese Kanäle ragen wie Pfahlwurzeln in die Tiefe des Profils, wobei sich an der Außenseite Orterde gebildet hat; das Innere des Kanals ist mit Bleichsand gefüllt. Die Ähnlichkeit dieser Kanäle mit Pfahlwurzeln läßt den Schluß zu, daß hier ehemals Eichen gestanden haben, deren Wurzeln später, nachdem die Podsolierung bereits fortgeschritten war, abstarben, verrotteten und durch Bleichsand aufgefüllt wurden. Der Schluß auf die Eiche ergibt sich aus der Karte auf S. 119 die die potentielle (ursprüngliche Vegetation NW-Deutschlands darstellt (TÜXEN 1968).

5.4 Grünland-Gesellschaften

Die Pflanzengesellschaften der Feuchtbiotope werden vom Menschen z.T. beeinflußt und als Grünland genutzt.

5.411 Pfeifengras-Wiesen (Molinion)

Torfhaltige/anmoorige Böden, deren Bodenfeuchte schwankt, werden von den Pfeifengraswiesen besiedelt. Diese werden mäßig genutzt als Streuwiesen (zweijährige Mahd), da der Futterwert der Gräser mittelmäßig bis schlecht ist (nach KNAPP 1971). Charakterarten:

	Feuchtzahl*	R-Zahl
Kantiger Lauch (Allium angulosum)	8~	8
Duftender Lauch (Allium suaveolens)	8~	9
Knollen-Kratzdistel (Cirsium tuberosum)	6~	8
Prachtnelke (Dianthus superbus)	8	8
Nordisches Labkraut (Galium boreale)	x	8
Färberginster (Genista tinctoria)	5	4
Schwalbenwurz-Enzian (Gentiana asclepiadea)	6	7
Lungenenzian (Gentiana pneumonanthe)	7	x
Sumpfgladiole (Gladiolus palustris)	6	8
Weidenblättriger Alant (Inula salicina)	x	9
Sibirische Schwertlilie (Iris sibirica)	8	8
Preußisches Laserkraut (Laserpitium prutenicum)	7	7
Natternzunge (Ophioglossum vulgatum)	7	x
Kümmel-Silge (Selinum carvifolia)	7	5
Teufelsabbiß (Succisa pratensis)	7	x
Hohes Veilchen (Viola elatior)	8	8

5.412 Flußhochstaudenfluren (Filipendulion)

Auf nährstoffreicheren Naßböden an Flüssen, Bächen und Gräben finden sich häufig Pioniergesellschaften mit vielen großen Stauden. Charakterarten:

Sumpf-Storchschnabel (Geranium palustre)	(ELLENBERG)
Vierflügeliges Hartheu (Hypericum tetrapterum)	(ELLENBERG)
Gemeine Pestwurz (Petasites hybridus)	(ELLENBERG)
Langblättriger Ehrenpreis (Veronica longifolia)	(ELLENBERG)
Sumpf-Mädesüß (Filipendula ulmaria)	(RUNGE)
Gilbweiderich (Lysimachia vulgaris)	(RUNGE)
Blutweiderich (Lythrum salicaria)	(RUNGE)

*) Differenz nach feuchter und trockener Ausbildung

5.415 Sumpfdotterblumenwiesen (Calthion)

Nasse Wirtschaftswiesen auf nährstoffreicheren Standorten mit minderwertigem Futterwert. Charakterarten:

Schachblume (Fritillaria meleagris)	(ELLENBERG)
Bach-Kratzdistel (Cirsium rivulare)	(ELLENBERG)
Stumpfblütige Binse (Juncus subnodulosus)	(ELLENBERG)
Wasser-Greiskraut (Senecio aquaticus)	(ELLENBERG)
Sumpf-Dotterblume (Caltha palustris)	(RUNGE)
Sumpf-Vergissmeinicht (Myosotis palustris)	(RUNGE)

4.3 Exemplarische Untersuchung eines Sees

4.3.1 Vegetationskartierung des Erdfallsees bei Hopsten/Westfalen

Für die Bearbeitung eines aquatischen Ökosystems wurde der Erdfallsee im Naturschutzgebiet "Heiliges Meer" bei Hopsten/NRW gewählt. Dieser See entstand am 14.4.1913 durch einen Erdrutsch. In der Umgebung gibt es mehrere solcher "Erdfälle", mehr oder weniger runde Tümpel, auf dieselbe Art entstanden wie der Erdfallsee und der ältere "Nachbar", das "Große Heilige Meer", das nach Pollenanalysen (SCHROEDER 1956) zwischen 400 und 800 n.Chr. entstanden sein müßte. Der geologische Untergrund des "Heiligen Feldes" besteht aus Sanden und Gipslagern in ca. 100 m Tiefe (LOTZE 1956). Die Gipslager wurden im Laufe der Zeit durch Wassereinwirkung ausgelaugt. Die so entstandenen Hohlräume stürtzten ein und wurden mit Sand gefüllt. Dabei entstanden an der Oberfläche trichterähnliche Bodeneinstürze (Prinzip Eieruhr), die sich in kurzer Zeit mit Wasser füllten. Da der Untergrund aus nährstoffarmen Sanden besteht, ist eine natürliche Nährstoffanreicherung der Gewässer nicht zu erwarten; der Erdfallsee als jüngstes Gewässer im Naturschutzgebiet wird in der Literatur daher auch häufig als der letzte nährstoffarme See in Nordwestdeutschland bezeichnet.

Die meisten älteren Erdfälle (Kolke) sind durch das Einbringen von mineralischen Düngern in umliegende Acker- und Grünlandflächen in früheren Jahren

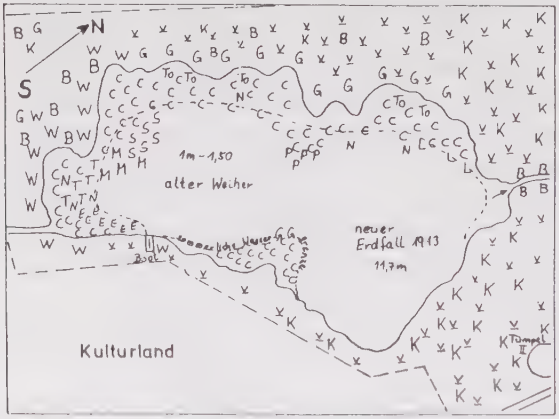
mit Nährstoffen stark angereichert worden; so erweist sich das Große Heilige Meer als eutrophes Gewässer.

Eine Exkursion/Studienfahrt zum Naturschutzgebiet "Heiliges Meer" bietet die Möglichkeit des Vergleichs "vor Ort" zwischen zwei bzw. drei Gewässertypen:

eutrophes Gewässer (Großes Heiliges Meer)
oligotrophes Gewässer (Erdfallsee)
oligotroph-dystrophe Gewässer (Kolke)

Das "Große Heilige Meer" (=GHM) wurde von SCHROEDER (1954) vegetationskundlich untersucht und kartiert (Abb. 81). Vom Erdfallsee (=EFS) hingegen existiert keine aktuelle Vegetationskarte. BUDDE untersuchte 1936 - 1940 die Algenflora des Naturschutzgebietes "Heiliges Meer" und erstellte in diesem Zusammenhang die folgende Vegetationsskizze (Abb. 82).

Abb. 81: Vegetationskarte vom Erdfallsee nach BUDDE (1944)



B = Birken
K = Kiefern
W = Weiden
G = Gagel
ɣ = Calluna-Heide

C = Carex
E = Equisetum
T = Typha
M = Menyanthes
N = Nymphaea

S = Scirpus
P = Phragmites
L = Litorella
To = Sphagnum
– – = Grenze des NSG

Ebenso skizzierte BUDDE die Vegetation des "Großen Heiligen Meeres":

Abb. 82: Vegetationskarte vom Großen Heiligen Meer nach BUDDE (1944)
Abb. 82a: "Tiefenkarte" des Großen Heiligen Meeres

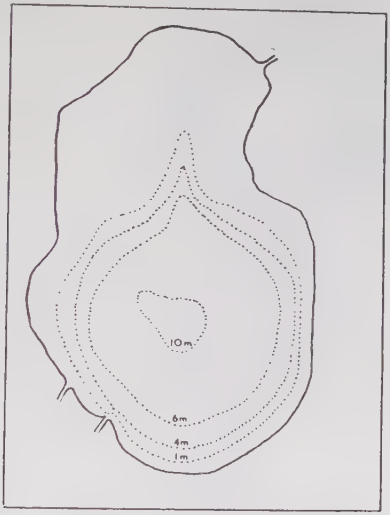
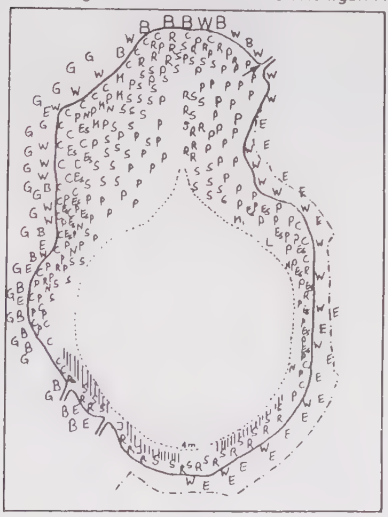
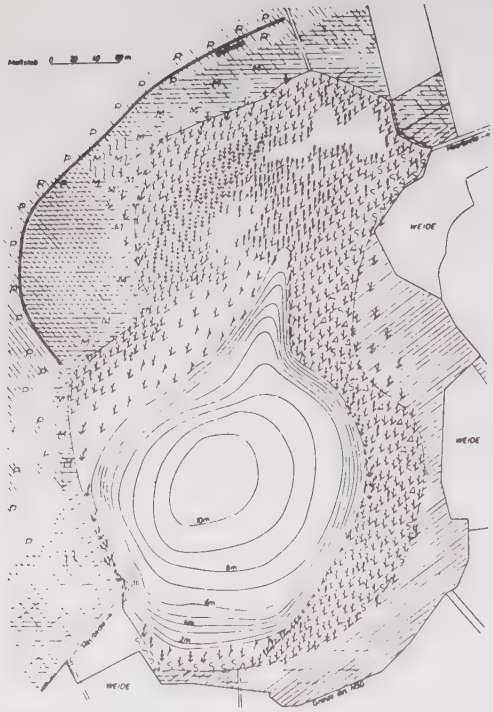


Abb. 82b: Vegetationsskizze vom Gr. Heiligen Meer



B = Betula
W = Salix
E = Alnus
G = Gagea
C = Carex
Es = Equisetum
R = Typha
Ra = Ranunculus
S = Scirpus
P = Phragmites
L = Potamogeton
N = Nuphar + Nymphaea
J = Sparganium
Mi = Myriophyllum
||| = Nupharetum
-·-·- = Grenze des NSG

Abb. 83: Vegetationskarte vom Großen Heiligen Meer nach SCHROEDER (1956)



Umgebende Wälder:

Trocken-oligotroph (Trockener Eichen-Birken-Wald, jetzt z. T. Heide, Kiefernwald)

Feucht-oligotroph (Feuchter Eichen-Birken-Wald u. ä. Typen)

Naß-oligotroph (Birkenbruch)

Naß-eu-(bis meso-)troph (Erlenbruch)

Einzelbestände

A *Alnus*, M *Myrica*, P *Pinus*, S *Salix*, *Phragmites*, *Typha*, *Equisetum limosum*, *Scirpus lacustris*, *Carex*, *Sphagnum*

Eine detaillierte Vegetationsakrte des Erdfallsees fehlte jedoch in der Literatur. Bei hydrobiologischen Arbeiten am Erdfallsee, die von Herrn KORRIES in Zusammenarbeit mit mir in den Jahren 1973 bis 1976 durchgeführt wurden, erwies es sich als notwendig, eine Karte des Erdfallsees anzufertigen.

Zunächst wurde eine Karte nach einer Skizze, die als Wegweiser im Naturschutzgebiet nahe der Station zu finden ist, angefertigt. Diese Skizze erwies sich jedoch als unbrauchbar, da sie zu schematisch war (Abb. 84 a).

Im Jahre 1976 wurde eine erste Vegetationskarte des Erdfallsees auf der Basis einer Luftbildkarte* (in der Biologischen Station "Heiliges Meer") mit Hilfe des im Anhang beschriebenen einfachen Nivelliergerätes erstellt. Dabei wurden die Meßpunkte mit Fluchtstäben markiert und von je zwei Fixpunkten angepeilt. Die Peilwerte ergaben die Karte Abb. 84 b.

Im Jahre 1977 stand ein Bau-Theodolith zur Verfügung, der eine genauere Vermessung ermöglichte. Auf der Basis der Theodolith-Vermessung in Ergänzung mit Vermessungen mit Bandmaß und Bussole entstand die Karte in Abb. 84 c.

Lagende zu den Karten:

Abb. 84 a stellt die relativ ungenaue Grundkarte nach der Tafel an der Station dar

Abb. 84 b stellt die Vegetationskarte von 1976 mit geringfügigen Abweichungen dar, die sich durch den zu kurzen Abstand der Peilpunkte ergaben

Abb. 84 c stellt die Vermessungskarte von 1977 dar, die mit einem Theodolithen vermessen wurde, ergänzt durch Messungen mit Bandmaß und Bussole (nördliche, äußere Grenze sowie westliche Grenze polygoniert)

---

*) Luftbild Nr. 6693/69 Reg.-Präs. Münster

Abb. 84 a: Erdfallsee-Karte (ungenau)

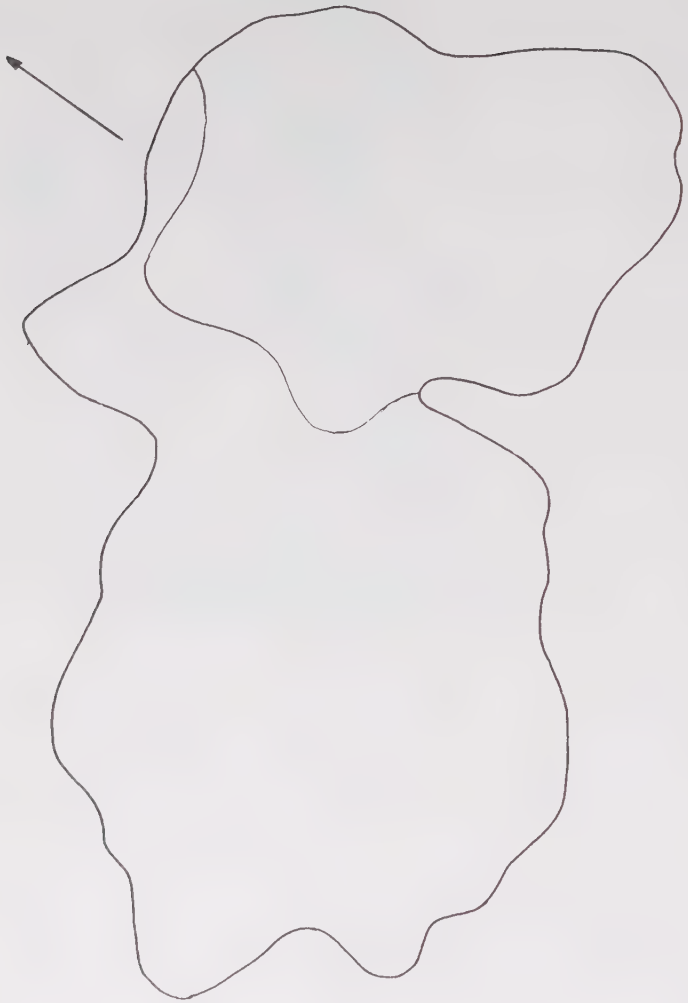


Abb. 84 b: Grundkarte nach Luftbild

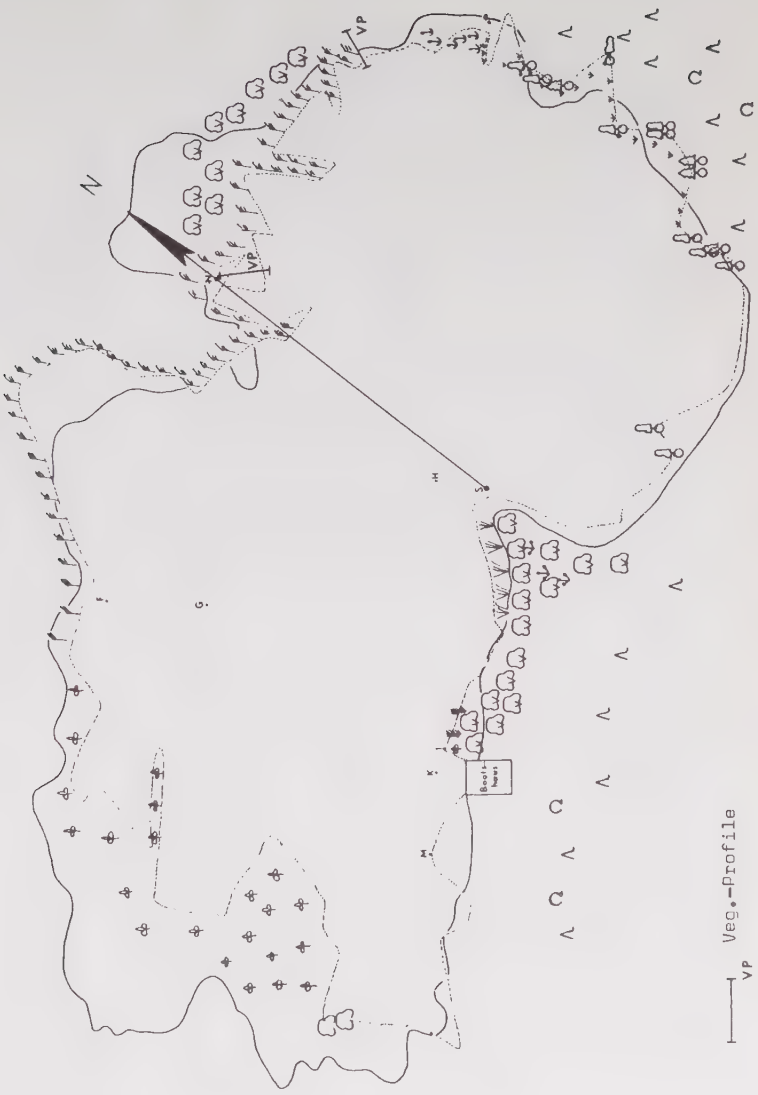
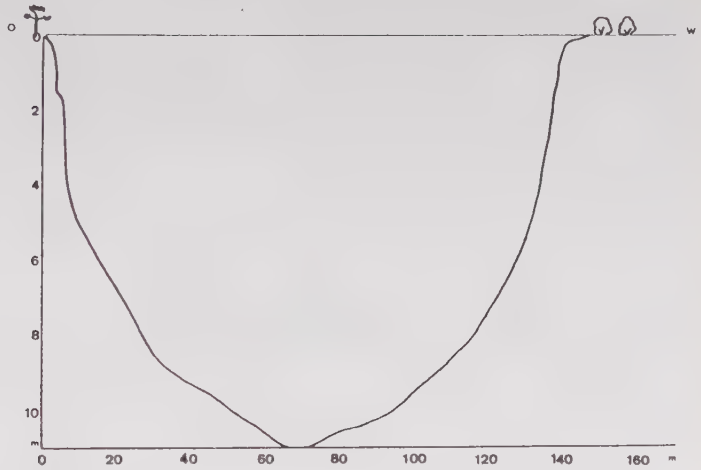
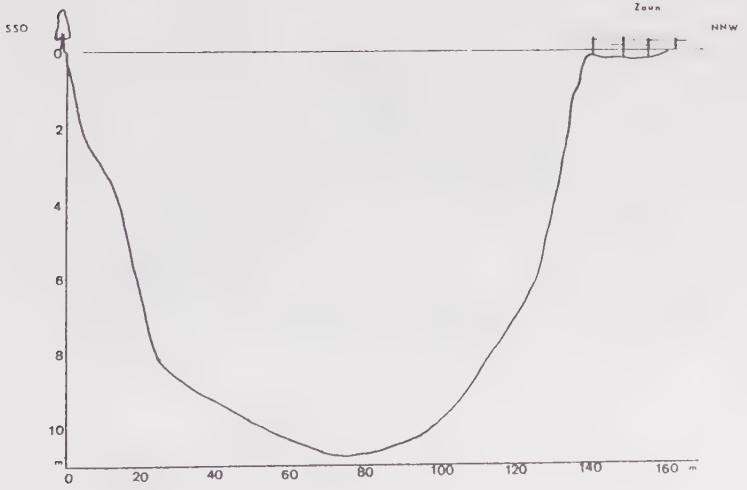


Abb. 84 c: Erdfallsee-Karte nach Vermessungen in den Jahren 1977/1978

In Ergänzung zur Vegetationskarte sollen kurz die Tiefenverhältnisse vorgestellt werden (nach Lotungen im Jahre 1974).

Abb. 85: Tiefenprofil Erdfallsee in Nord-Süd und West-Ost - Richtung





Aus den Tiefenprofilen wird eine Besonderheit aller Erdfall-Seen im Gebiet deutlich:
die Uferzone (Litoral) erstreckt sich nur am Nordufer über eine größere Strecke. Die Hauptwindrichtung im Gebiet sind SW-Winde, die dauernd Wellen ans Nord- bzw. Nordwestufer treiben. Die Wellen erodieren so den Sand des Ufers und bilden eine geeignete Uferzone für Pflanzen.

In Abb. 84 b sind Vegetaionsprofile eingezeichnet, die hier kurz vorgestellt werden sollen. Im Vergleich mit Vegetationsprofilen von eutrophen Seen (Abb. 72) wird der Unterschied in der Ufervegetation deutlich.

Abb. 86: Vegetationsprofil Erdfallsee

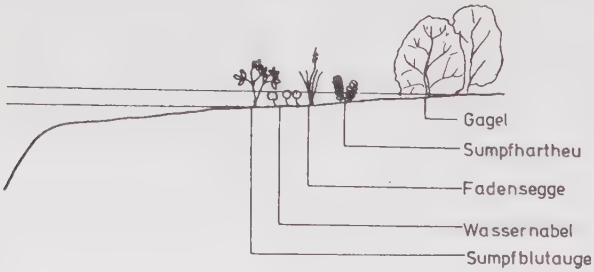
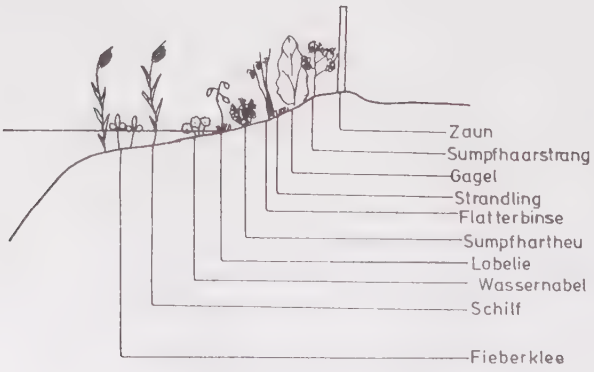


Abb. 87: Vegetationsprofil Erdfallsee



Der Vergleich beider Vegetationsprofile zeigt typische Pflanzen der Ufervegetation des Erdfallsees (die auch als Arten mit Zeigerwert für die Kartierung gebraucht werden):

Art/Zeigerwerte	F	R	N	Soz.
Gagel (Myrica gale)	9	3	2	8.221
Sumpfhartheu (Hypericum elodes)	9=	2	?	1.412
Fadensegge (Carex lasiocarpa)	9=	4	3	1.71
Wassernabel (Hydrocotyle vulgaris)	9	2	2	1.71
Sumpfblutauge (Potentilla palustris)	10	3	2	1.7
Sumpfhaarstrang (Peuc danum palustre)	9=	x	4	1.514
Strandling (Littorella uniflora)	10	x	2	1.411
Flatterbinse (Juncus effusus)	7	3	3	5.41
Lobelie (Lobelia dortmanna)	10	2	1	1.411
Schilf (Phragmites communis)	10	7	5	1.5
Fieberklee (Menyanthes trifoliata)	9=	x	2	1.7

Alle Pflanzen (Ausnahme: Schilf) zeigen Nährstoffarmut und saure Reaktion an. Die Verbreitung des Schilfes (Phragmites communis) als Anzeiger für nährstoffreichen Boden ist im Zusammenhang mit der Geschichte des Naturschutzgebietes interessant:

Der Erdfallsee entstand im Jahre 1913; zu dieser Zeit war das Gelände noch kein Naturschutzgebiet. Das Gelände wurde 1930 als Naturschutzgebiet deklariert. In der Zeit von 1913 bis 1930 wurde das Gebiet noch bewirtschaftet. Nach der Unterschutzstellung blieb die Bewirtschaftung aus (nach RUNGE 1957). Dies führte zu einer Regeneration der Flora. Es bildeten sich natürliche Vegetationsformen aus (u.a. Heide). Der Uferbewuchs entwickelte sich zum typischen Bewuchs oligotropher Seen mit Pflanzenarten, die bei Nährstoffanreicherung (z.B. durch Schlammbildung) zugrunde gehen (Strandling, Lobelie).

Bei der Betrachtung der Vegetationskarte fällt dann aber auf, daß besonders das nördliche Ufer mit Schilf bewachsen ist. Dies läßt sich durch die Bewirtschaftung der umliegenden Ländereien (vor allem Ackerland und Wiesen) erklären. Durch Düngung, die auf nährstoffarmem Sandboden meist übermäßig geschieht, gelangen Nährstoffe über Grundwasser bzw. Gräben in den See und führen zur Nährstoffanreicherung. Diese wird wiederum von bestimmten Pflanzenarten angezeigt: Grauweide (Salix), Schilf (Phragmites communis), Breitblättriger Rohr-

kolben (Typha latifolia), Teichbinse (Schoenoplectus lacustris) (nach RUNGE 1957), die bei eigenen Untersuchungen besonders im flachen Westteil gefunden wurden (Abb.89)

Nach LOTZE (1951) besteht im Grundwasser ein schwaches West-Ost-"Gefälle"; die im Westen evtl. angereicherten Grundwasser gelangen so über den Weiher in den Erdfallsee. Am Weiherufer im Westen befindet sich ein breiter Streifen Schilfröhricht, in dem außer dem Schilf noch Rohrkolben (Typha latifolia), Teichbinsen (Schoenoplectus lacustris) sowie Schwertlilien (Iris pseudacorus) zu finden sind - vielleicht eine Anzeige für unsichtbare Nährstoffanreicherung. Auch am Nordufer ist Schilf, wenn auch spärlicher, verbreitet. Hier könnte die Anreicherung über ehemalige Gräben aus den nördlich dieses Gebietes gelegenen Äckern/Weiden erfolgt sein; diese Nährstoffanreicherung wurde dann im Jahre 1965 durch die Anlage von Umfanggräben gestoppt, die nun den Großteil der Nährstoffe fernhalten.

Bei der Vermessung des Sees wurden auch pflanzensoziologische Aufnahmen gemacht und ökologisch ausgewertet.

Von den nach RUNGE (1960 und 1969) im Gebiet vorkommenden Pflanzengesellschaften wurden aus Tabelle 61 folgende Assoziationen ermittelt und ausgewertet:
- die Fadenseggen-Gesellschaft (Caricetum lasiocarpae) vgl. Tab. 61a
- die Fieberklee-Seggen-Gesellschaft (Cariceto-Menyanthetum) vgl. Tab. 61b
- die Vielstengelsimsen-Gesellschaft (Eleocharietum multicaulis) vgl. Tab. 61c
- das Gagelgebüsch (Myricetum gale) vgl. Tab. 61d
- die Glockenheide-Gesellschaft (Ericetum tetralicis molinietosum) vgl. Tab. 61e
- der Stieleichen-Birkenwald (Querco roboris-Betuletum) vgl. Tab. 61f

sowie der Birkenbruchwald (Betuletum pubescentis) und, schwach ausgeprägt, der Erlenbruchwald (Alnetum glutinosae).

Die laufenden Nummern der Vegetationsaufnahmen sowie die Entnahmestellen der Bodenproben sind in Abb. 88 festgehalten und bilden die Grundlage der späteren Kartierung.

Tab. 61: Rohaufnahmetabelle der Aufnahmen am Erdfallsee

Art/lfd.Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44
Betula pendula		+	+	+	+																							1	r		+	2												
Betula pubescens				+	1																							2	r	+		2												
Pinus nigra																												+		r		2												
Pinus silvestris		+		+	r																								+			+												
Quercus robur		+	r		r	+																						3	+	+	+	3												
Rhamnus frangula						+																						+	+	+	1	2												
Sorbus aucuparia																												+		+	r	2												
Populus tremula																													r	+	r													
Fraxinus excelsior																														r														
Sambucus nigra																														r														
Salix caprea																				r										r	+													
Myrica gale	4	2	1	2	1	5	5	+				+	+	1	3			3	4	4						+	2	+	4	5		1	4											
Rubus fruticosus																														+		+								v	v	v	v	v
Rubus idaeus																														+														
Erica tetralix	+	3	4	2	4	+																								+														
Calluna vulgaris		1	+	+	+																												r											v
Lonicera periclymenum																																	r											
Peucedanum palustre						+	r																																					
Hypericum elodes																																										v	v
Carex fusca								3		+	+	3	3	+		+	2	1		1	2	1	1				2									+	v	v	1	+	v	v	v	
Carex rostrata																																				+		+	+					
Carex lasiocarpa								2		3	2	2	3	2	1	2	2	3	3	2	3	1	r		+	3	3						3							v		v		
Hydrocotyle vulgaris						+	1	2		+	+	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	4	2	1			1						+					v				
Phragmites communis										+																										1	v	+		v	v	v	v	v
Solanum dulcamara																																			+			2	2		v	v		
Molinia caerula	5	4	3	5	3	4	3	1																																				
Schoenoplectus lacustris									+						+																				2								
Juncus conglomeratus																																	+		1								
Juncus effusus								+										+		+															+	+		+					
Juncus articulatus																										+	+								+							v	
Juncus acutiflorus							+	2													1	3	4	5	3	2																	
Drosera rotundifolia						1		1																																				
Deschampsia flexuosa	+																																1										
Menyanthes trifoliata									1	+																									+								
Eleocharis multicaulis							+	2			+	2	3	2	3	3	2		+	+	2	3	2		+								+	5					1		v		v
Nymphaea alba									1	r	+					+					+	+		2	2	1	+							+									
Lobelia dortmanna																																	2			+	v	r		v				
Littorella uniflora										+																									r								
Comarum palustre								1										+	1	1	r														+		+			v	v		
Lysimachia vulgaris								1								r	+	+	+								+													v			
Sphagnum spec.						1	3	+										1			+	3	3	3	5	4	3			2			2		5							

In den folgenden Teiltabellen ist am Schluß der Tabelle jeweils das Ergebnis der ökologischen Analyse für die gesamte Assoziation aufgeführt als mittlerer Reaktions-, Feuchte- und Nährstoffwert (mR, mF, mN); als Berechnungsgrundlage wurde jeweils der mittlere Deckungsgrad der Arten benutzt.

Tab. 61a : Ass.-Tabelle des Caricetum lasiocarpae

Art/ lfd. Nr.	10	21	11	17
Carex lasiocarpa	3	3	2	2
Hypericum elodes	+	2	+	2
Hydrocotyle vulgaris	+	1	+	1
Nymphaea alba	1	+	r	
Menyanthes trifoliata	+			
Phragmites communis	+			
Lysimachia vulgaris				+
Eleocharis multicaulis		2	+	2
Juncus articulatus		1		
Sphagnum		+		
Comarum palustre		r		

Ökologische Auswertung:

mF : 9,2	F= : 56 %	F : 11,2 %	nasser Standort, oft überschwemmt
mR : 3,6			saurer Boden
mN : 3,2			stickstoffarmer Boden

Tab. 61b : Ass.-Tabelle des Cariceto-Menyanthetum

Art/ lfd.Nr.	9	34	39
Menyanthes trifoliata	1	5	1
Schoenoplectus lacustris	+		
Carex rostrata		3	
Nymphaea alba		2	
Hypericum elodes			+–1
Phragmites communis			2
Carex fusca			+

Ökologische Auswertung:

mF : 9 =	nasser, überschwemmter Standort
mN : 2	stickstoffarmer Boden

Tab. 61c : Ass.-Tabelle des Eleocharietum multicaulis

Art/ lfd.Nr.	16	8	12	13
Eleocharis multicaulis	3-4	2	2	2-3
Hypericum elodes	+	3	3	3
Carex lasiocarpa	2	2	2	3
Hydrocotyle vulgaris	1	2	1	1
Potentilla palustris		1		
Sphagnum		+		
Juncus effusus		+		
Nymphaea alba	+		+	
Molinia caerula		1		
Lysimachia vulgaris	r	1		
Juncus aculeatus		2		
Drosera rotundifolia		1		
Myrica gale		+	+	+

Ökologische Auswertung:

mF : 9,05 F=: 50 % F : 12,5 % nasser, oft überschwemmter Standort

mR : 3,3 saurer Boden

mN : 3,0 stickstoffarmer Boden

Tab. 61d : Ass.-Tabelle Myricetum gale

Art/ lfd. Nr.	7	19	20	15	18	27	14	40	41	42	43	44
Myrica gale	5	4	4	3	3	2	1	v*	v	v	v	v
Salix cinerea			r									
Hypericum elodes			1		1	2	+	v	v	v	v	
Carex lasiocarpa		2-3	2	1	3	3	2	v				
Hydrocotyle vulgaris	1	1	1	1	1	1	1	v	v	v	v	v
Eleocharis multicaulis	+	+	+	3			2					
Potentilla palustris		1	1		+	+		v				
Sphagnum	3				1-2	3						
Juncus effusus			+		+	+						v
Nymphaea alba						+		v				
Phragmites communis									v	v		
Molinia caerula	3			+								
Littorella uniflora									v	v		
Lysimachia vulgaris		+			+							
Menyanthes trifoliata										v		v

Ökologische Auswertung:

mF : 8,65 stark durchnäßter Standort

mR : 3,15 saurer Boden

mN : 2,5 stickstoffarmer Boden

*) v = vorhanden

Tab. 61e : Ass.-Tabelle des Ericetum tetralicis molinietosum

Art/ lfd.Nr.	1	2	3	4	5	6
Quercus robur (J)		+	r		r	+
Betula pendula (J)		+	+	+	+	
Betula pubescens (J)				+	1	
Frangula alnus						+
Pinus silvestris (J)		+		+	r	
Myrica gale	3-4	1-2	1	2	1	5
Erica tetralix	+	3	4	2	4	+
Calluna vulgaris	+	1	+	+	+	
Hydrocotyle vulgaris						+
Molinia caerula	5	4	3	5	3	4
Deschampsia flexuosa	+					
Peucedanum palustre						+
Sphagnum						1
Cladonia					v	

Ökologische Auswertung:

mF : 7,8	durchfeuchteter Standort
mR : 1,2	stark saurer Boden
mN : 2,0	stickstoffarmer Standort

Tab. 61f : Ass.-Tabelle des Querco roboris-Betuletum

Art/ lfd.Nr.	28	29	30	31	32
Quercus robur	3	+	+	+	3
Betula pendula	1	r		+	2
Betula pubescens	2	r	+		2
Frangula alnus	+	+	+	1	2
Pinus silvestris		+			+
Sorbus aucuparia	+		+	r	2
Pinus nigra	+		r		+
Populus tremula		r	+	r	
Sambucus nigra			r	+	
Fraxinus excelsior			r		
Myrica gale	+	4	4-5		1
Salix (caprea?)			r	r	1
Rubus fruticosus			+		+
Rubus idaeus			+		
Lonicera periclymenum					r
Solanum dulcamara			+		
Hydrocotyle vulgaris			1		
Sphagnum			2		

Ökologische Auswertung:

mF : 7,7	durchfeuchteter Standort
mR : 3,4	saurer Boden
mN : 2,9	stickstoffarmer Boden

Tab. 61g : Ass.-Tabelle einer Juncus articulatus-Gesellschaft

Art/ lfd.Nr.	24	23	22	25
Juncus articulatus	5	4	3	3
Sphagnum	3	3	3	5
Eleocharis multicaulis		2	3	+
Carex lasiocarpa		r	+-1	+
Hypericum elodes		1	1	
Nymphaea alba	2		+	2
Hydrocotyle vulgaris	3	1	1	4
Potentilla palustris				r

Ökologische Auswertung:

mF : 9,4	durchnäßter Standort
mR : 3,1	saurer Boden
mN : 3,7	(mäßig) stickstoffarmer Boden

Tab. 61h : Tabelle verschiedener anderer, pflanzensoziologisch nicht eingeordneter Aufnahmen

Art/ lfd.Nr.	39	38	35	36
Phragmites communis	2	1-2	+	
Carex fusca	+	+		+-1
Juncus conglomeratus		+	+	+
Schoenoplectus lacustris			1	
Molinia caerula			2	
Juncus effusus			+	
Eleocharis multicaulis			+	
Lobelia dortmanna			r	
Hydrocotyle vulgaris	+		1	v
Nymphaea alba	+		+	v
Hypericum elodes	+-1	v	+	
Carex lasiocarpa			+	
Sphagnum			5	
Menyanthes trifoliata	1			

Ökologische Auswertung der einzelnen Aufnahmen:

mF :	9,3	9,3	8,3	10,05
mR :	5,2	5,3	5,2	2,6
mN :	3,7	4,3	3,2	2,4

Abb. 88: Lage der Bodenprobestellen und Vegetationsaufnahmen am Erdfallsee

Aus der Karte in Abb. 84c wurde unter Einbeziehung der Veg.-Aufnahmen aus Tabelle 61 sowie aus Veg.-Skizzen während der Vermessung die Veg.-Karte des Erdfallsees erstellt (Abb. 89).

Nach der ökologischen Auswertung der einzelnen Veg.-Aufnahmen wurde versucht, die ermittelten Zeigerwerte in die Karte einzuzeichnen, um auf diese Weise einen Überblick über die Feuchte-, Reaktions- und Nährstoffverhältnisse zu erhalten. Dazu wurden die Zeigerwerte (m-Werte) der einzelnen Aufnahmen in die Karte eingetragen und durch graphische Interpolation versucht, bestimmte Feuchtigkeits-, Reaktions- und Nährstoffzonen herauszuarbeiten.

Die Abb. 90 - 92 stellen diese ökologischen Kartierungen dar; zu den Nährstoffverhältnissen wurden die Ergebnisse der Bodenuntersuchungen in eine separate Karte (Abb. 93) eingetragen.

Die Auswertung dieser Kartierungen sollte u.a. Aufschluß über die Zunahme an Nährstoffen liefern, die sich chemisch und biologisch (Plankton) zeigt.

Tab. 62 : Ökologische Auswertung der Waldgesellschaften

Gesellschaft	mF	mR	mN
Betuletum pubescentis	8,7	5,3	5,4
Alnetum glutinosae	8,8	5,3	4,2

Tab. 63 : Bodenuntersuchungen vom Erdfallsee vom 30.7.1977

Probe-Nr.	Cl^- mg/kg	NO_3^- mg/kg	NH_4^+ mg/kg	P_2O_5 mg/kg	pH (H_2O)	LF uS	NO_2^- mg/kg
1	1000	5	30	0	5,8	500	0
3	1650	20	37,5	0	6,2	700	0
4	1300	20	37,5	0	5,6	475	0
5	1600	10	15	0	5,5	600	0
6	1650	1,5	15	–	6,5	760	0
7	1650	1,5	22,5	–	5,9	850	0
8	1000	1,5	30	–	5,5	230	0
9	1650	5	30	–	5,3	700	0
10	1500	20	45	0	5,4	425	0,25
11	230	0	1,5		5,8	390	0
14	32	–	6,4	0,06	6,7	115	0
15	340	–	4		5,5	165	0
16	40	–	4	0,2	6,6	72	0
17	40	–	4		5,3	600	0
18	110	–	38,4		6,4	330	0

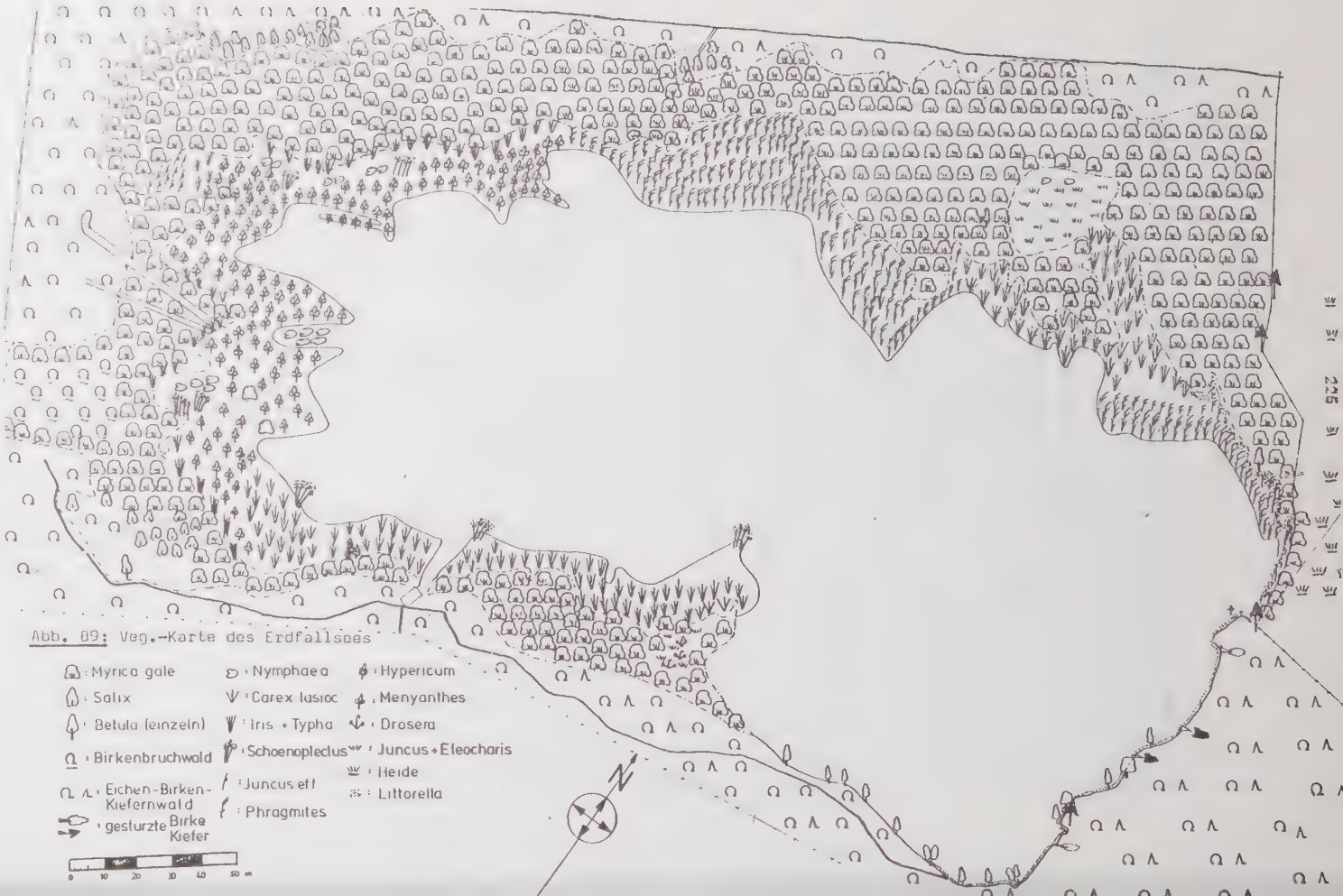


Abb. 89: Veg.-Karte des Erdfallsees
Myrica gale
Salix
Betula (einzeln)
Birkenbruchwald
Eichen-Birken-Kiefernwald
gestürzte Birke Kiefer
Nymphaea
Carex lasioc
Iris + Typha
Schoenoplectus
Juncus eff
Phragmites
Hypericum
Menyanthes
Drosera
Juncus + Eleocharis
Heide
Littorella
N
0 10 20 30 40 50 m

Abb. 90 : Reaktionszonen am Erdfallsee

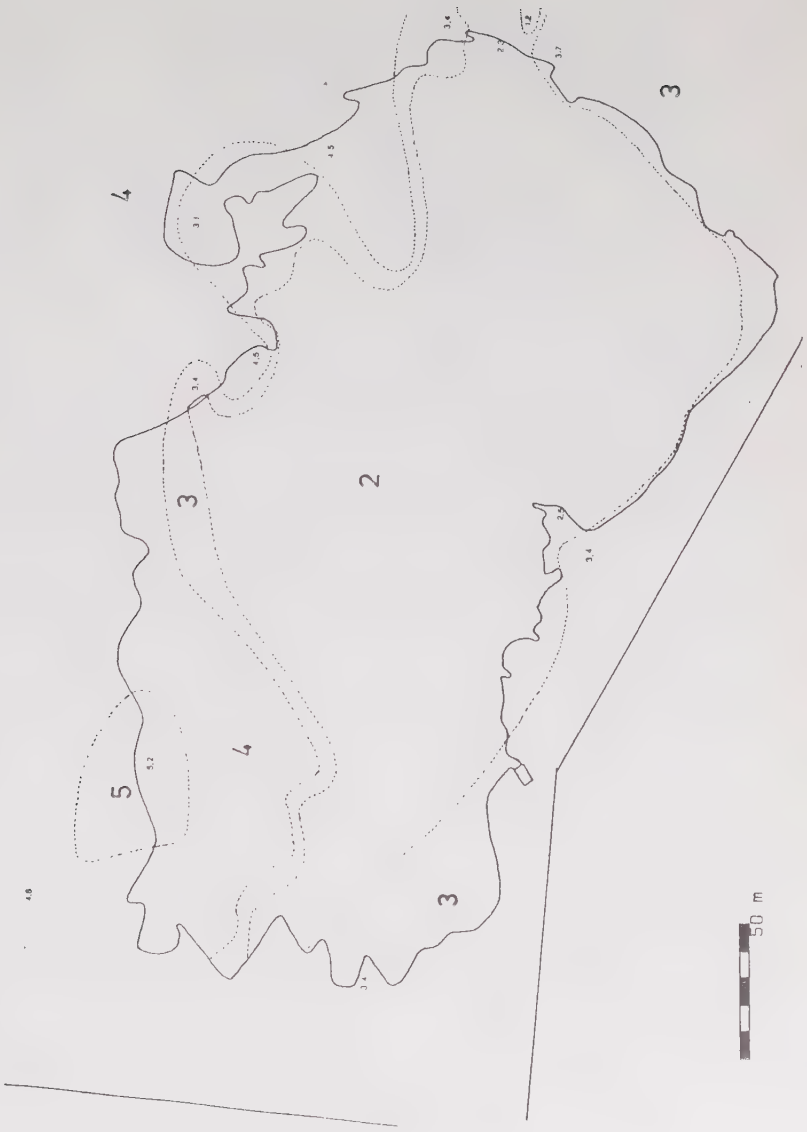


Abb. 91 : Nährstoffzonen am Erdfallsee

Abb. 92 : Feuchtezonen am Erdfallsee

Abb. 93 : Bodenuntersuchungsergebnisse (Werte umgerechnet auf Gesamtstickstoff in mg/kg)

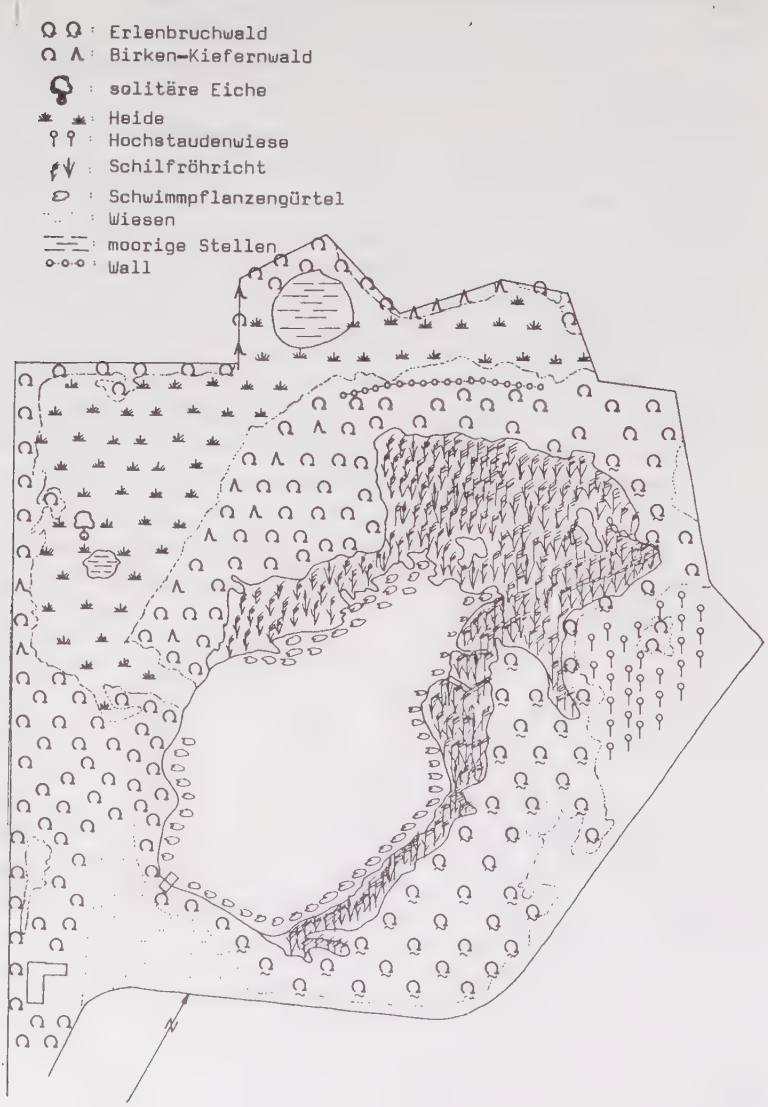
Die Interpretation der Karten läßt folgende Aussagen und Schlüsse zu :
der Untergrund des Erdfallsees (nährstoff- und basenarmer Sand) bewirkt eine ziemlich saure Bodenreaktion und starke Nährstoffarmut, die sich durch die Vegetation nachweisen läßt (Abb. 90 und 91);
der tiefere (jüngere) Ostteil des Sees ist saurer und nährstoffärmer als der flache, nährstoffreichere Westteil (ehemaliger Weiher);
durch SW-Winde wird vermutlich ein Teil der Nährstoffe aus dem Westteil in den Ostteil verdriftet, was sich am NO-Ufer in Form von geringfügiger Schlammbildung nachweisen läßt;
vermutlich ebenfalls durch die Nährstoffverdriftung gehen die Lobelienbestände am Ostufer des Sees stark zurück (im Jahre 1973 wurden noch einige blühende Exemplare gesehen, später nicht mehr);
eine vermutlich künstliche Eutrophierung über das nordwestliche Ufer im Bereich der Veg.-Aufnahme 36 (Abb. 88) zeigt sich in der Abb. 91 und wird durch die Bodenuntersuchung gestützt, bei der in diesem Bereich deutlich höhere Gesamtstickstoffwerte ermittelt wurden als in der Umgebung (Abb. 93).

Die letzte Aussage verdeutlicht den Vorteil der ökologischen Analyse, die als biologische Analyse "Langzeitwerte" liefert, die über einen langen Zeitraum Veränderungen eines Systems anzeigt, denn vor einigen Jahren wurde das ganze Erdfallseegebiet von einem Grabensystem umzogen, das als Vorfluter die übermäßigen Düngestoffe der umgebenden Ländereien auffangen und somit eine künstliche Eutrophierung verhindern sollen. Vor der Anlage der Gräben dürfte jedoch ein großer Teil dieser Nährstoffe direkt in den See gelangt sein, was die Vegetation auch heute noch anzeigt.

4.3.2 Vergleichende Kartierung zweier verschiedener Gewässer

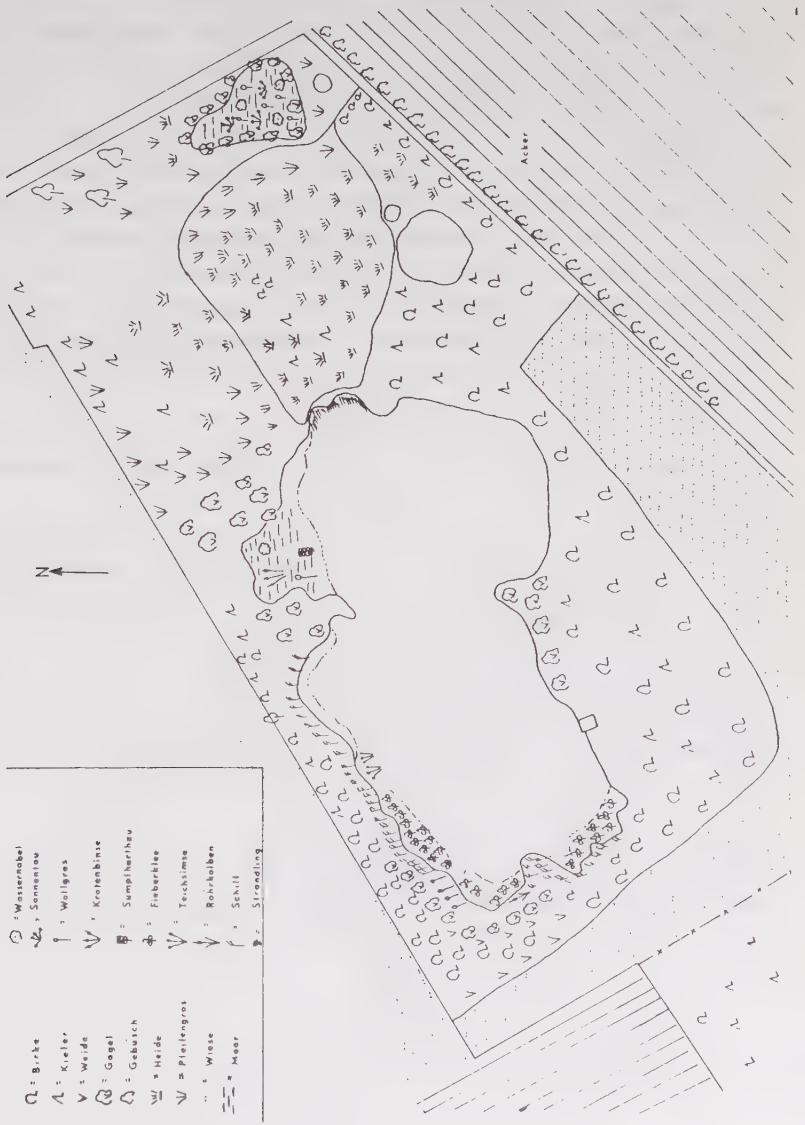
Auf einer Lehrerfortbildungstagung 1976 wurde mit Lehrern das Teilgebiet "Großes Heiliges Meer" des Naturschutzgebietes grob nach den verschiedenen Vegetationsformen kartiert (Abb. 94). Anschließend wurde vom Boot aus der Uferbereich mit seinen verschiedenen Pflanzengürteln kartiert (Abb. 94).

Abb. 94 : Vegetationskarte des Naturschutzgebietes "Großes Heiliges Meer"



Als Ergebnis wurde festgestellt, daß das Große Heilige Meer von einem flächenmäßig sehr großen Schilfgürtel umgeben ist; dem Schilfgürtel vorgelagert findet man die Schwimmpflanzengürtel an Stellen mit geringer Tiefe; zum Land hin schließt sich ein Erlenbruchwald an. Das Große Heilige Meer zeigt also die typische Zonierung eines stehenden eutrophen Gewässers.
Eine ähnlich grobe Kartierung des Erdfallsee-Gebietes ergab die Karte in Abb. 95.

Abb. 95 : Vegetationskartierung des Erdfallsee-Gebietes



Als Kartierungsgrundlage diente in beiden Fällen die nach dem Luftbild Nr. 6693/69 (Reg.-Präs. Münster) gezeichnete Grundkarte.

Bei der Auswertung beider Karten wurde festgestellt, daß sich der Erdfallsee grundsätzlich durch das Fehlen des Schilf- und Schwimmpflanzengürtels besonders im südlichen Teil unterscheidet; im nördlichen Teil befindet sich ein schwach ausgebildetes Röhricht. Die Erdfallsee-Vegetation zeichnet sich vielmehr durch das Vorkommen verschiedener, recht seltener Pflanzenarten aus, die auf saure, oligotroph-dystrophe Verhältnisse schließen lassen (z.B. Wollgras, Sonnentau, Fieberklee, Sumpfhartheu, Strandling und Lobelie).
Auch die Ausbildung des umgebenden Waldes ist am Erdfallsee anders: dort findet man einen breiten Gagelbuschgürtel, der von einem Birkenbruchwald umsäumt wird; nur an einigen wenigen Stellen kommen Erlen darin vor. Gagelgebüsch und Birkenbruchwald sind aber ebenfalls Zeichen für nährstoffarme Standorte.
Mit Hilfe der groben Kartierung beider Gewässer lassen sich bereits recht gut Unterschiede zwischen den Trophie-Graden beider Gewässertypen erarbeiten, ohne im speziellen auf die Zusammensetzung der Biozönosen einzugehen.

4.3.3 Weiterführende Arbeitsmöglichkeiten

In der folgenden Literatur sind weitere Arbeitsmöglichkeiten an Gewässern aufgeführt :

ANT, H. : Hinweise für hydrobiologische Untersuchungen Hamm 1972

KELLE, A.: Lebendige Heimatflur Bd. IV: Gewässer, Moor und Heide im Jahreslauf Bonn 1974

KLEE, O. : Kleines Praktikum der Wasser- und Abwasseruntersuchung (Sonderdruck aus MIKROKOSMOS) Stuttgart 1973

SCHMIDT, E. : Ökosystem See Heidelberg 1974

SCHWOERBEL, J. : Methoden der Hydrobiologie Stuttgart 1966

SIMBREY,J./SCHROEDER,W. :"Einfache feldbiologische Untersuchungen zur Wassergütebestimmung eines Fließgewässers" in: Naturwiss. im Unterricht 1977, H. 5 Köln 1977

STENGEL, E. :"Ökologie" in: Handbuch der praktischen und experimentellen Schulbiologie Bd. IV/1 Köln 1973

STEUBING, L./ KUNZE, Ch. : Pflanzenökologische Experimente zur Umweltverschmutzung Heidelberg 1975

5 Exemplarische Untersuchungen auf der Insel Wangerooge

5.1 Vorbemerkungen

Die Untersuchung eines begrenzten und weitgehend isolierten Lebensraumes bietet die Möglichkeit der Inventarisierung von pflanzlichen Formen und einer gezielten Erfassung von wichtigen standortbestimmenden Faktoren.

In diesem Kapitel wird besonders deutlich, daß die gängigen Untersuchungsmethoden zur Untersuchung von Boden und Vegetation nicht ausreichen, um den besonderen Charakter der Inselvegetation und die die Vegetation bestimmenden Faktoren zu erfassen und für bestimmte Phänomene verantwortlich zu machen. Die spezifischen Methoden und die Ergebnisse biologischer Untersuchungen werden dargestellt.

5.1.2 Die Lebensräume der Inseln

Jede Insel besitzt auf Grund mechanischer Einwirkungen von Wind und Wasser zwei extreme Lebensräume : die Dünen im Norden und das Watt im Süden. Beide Lebensräume unterliegen dem dauernden Einfluß durch die "Elemente".
Die Dünen bestehen aus Sand, der in Jahrzehnten vom Wind angeweht wurde und durch bestimmte Pflanzen (Strandquecke und Strandhafer) befestigt wird. Beschädigungen der Vegetationsdecke der Dünen führen sofort zu Veränderungen der Düne, da an den Stellen, wo der Sand nicht gehalten wird, dieser rasch vom Wind verblasen wird und die Dünenwindrisse entstehen. Diese können unter Umständen zur Zerstörung der Düne führen. Da die Dünen für die Inselbewohner die Funktion eines natürlichen Deiches bedeuten, indem sie den Inselkern vor Hochwasser schützen, können Windrisse eine besondere Gefahr bedeuten; aus diesem Grunde ist das Betreten der Dünen auf den meisten Inseln untersagt.
Das Watt im Süden der Insel wird innerhalb von 24 Stunden zweimal vom Meerwasser überflutet. Dabei bringt das Wasser erhebliche Mengen Schwebstoffe (u.a. Ton) heran, die in Stillwasserzonen abgelagert werden und den sogenannten Schlick bilden. Auf diese Weise wächst die Insel im Südteil ständig etwas an.
Die ständige Überflutung mit Meerwasser stellt einen besonderen Standortfaktor für die Lebewesen des Watts dar, da der dauernde Wechsel von Überflutung und Austrocknung mit einer Anreicherung von Salzen im Wattboden verbunden ist. Für viele Pflanzen und Tiere wirkt Salz jedoch tödlich, so daß in diesem Lebensraum der Ökofaktor "Salz" eine erhebliche Rolle spielt und die Lebewesen dieses Raumes besondere Anpassungserscheinungen zum Überleben aufweisen müssen.
Die kurz angerissenen Probleme der Lebensräume der Inseln sollen verdeutlichen, daß biologische Arbeitsmöglichkeiten z.B. bei Landschulheimaufenthalten mannigfaltig sind. In beiden Lebensräumen lassen sich ökologische Zusammenhänge und ihre Bedeutung für den Menschen demonstrieren, die dem Schüler auch einsichtig werden. Der Standortfaktor "Salz" als selektierender Faktor ermöglicht die exemplarische Behandlung der Autökologie der Lebewesen ohne einen hohen apparativen Aufwand, jedoch mit praktischer Arbeit.
Einige Arbeitsmöglichkeiten im Watt und Heller der Insel Wangerooge werden im folgenden vorgestellt.

5.2 Übersicht über die häufigsten Pflanzengesellschaftsverbände der Inseln

5.2.1 Systematische Übersicht nach ELLENBERG 1974 (verändert)

1 Gesellschaftsübersicht der Watt-Vegetation		
2.1 Zosteretea	2.11 Zosteretalia	2.111 Zosterion
2.3 Spartinetea	2.31 Spartinetalia	2.311 Spartinion
2.4 Salicornietta	2.41 Salicornietalia	2.411 Salicornion 2.412 Suaedion
2.6 Asteretea	2.61 Ateretalia tripolii	2.611 Puccinellion 2.612 Armerion maritimae
2 Gesellschaftsübersicht der Dünen-Vegetation		
2.8 Cakiletea	2.81 Cakiletalia	2.811 Honckenio-Salsolion 2.812 Atriplicion litoralis
2.9 Ammophiletea	2.91 Elymo-Ammophiletalia	2.911 Ammophilion 2.912 Agropyro-Honckenion
3.7 Plantaginetea	3.72 Agrostietalia	3.721 Agrostion stoloniferae 3.722 Honckenyo-Elymion
5.1 Nardo-Callunetea	5.12 Calluno-Ulicetalia	5.122 Empetrion
5.2 Sedo-Scleranthetea	5.22 Corynephoretalia	5.221 Corynephorion 5.222 Thero-Airion 5.223 Koelerion arenariae
8.4 Fagetea sylvaticae	8.41 Prunetalia	8.414 Salicion arenariae

In Abb. 96 sind zwei Idealprofile eines Inselquerschnittes dargestellt, in denen die Pflanzen in ihrer typischen Anordnung innerhalb der o.g. Pflanzengesellschaften in Abhängigkeit vom Standort gezeigt werden. Diese im Idealprofil vorkommenden Arten wird man in den seltensten Fällen alle so finden, wie sie gezeigt werden – allerdings erleichtert diese umfassende Darstellung die Orientierung für einen Lehrer/Kursleiter, der sich zum ersten Mal mit dieser Problematik befaßt. Aus diesem Grunde werden die Profile an dieser Stelle in ihrer ursprünglichen Form nach KESSELER (Biol. Anstalt HELGOLAND) dargestellt unter Einbringung der pflanzensoziologischen Termini und Kennziffern zu obiger Übersicht.

Abb. 96a: Anordnung der Pflanzen in den Pflanzengesellschaften (Idealprofil nach KESSELER) der Wattseite einer Insel

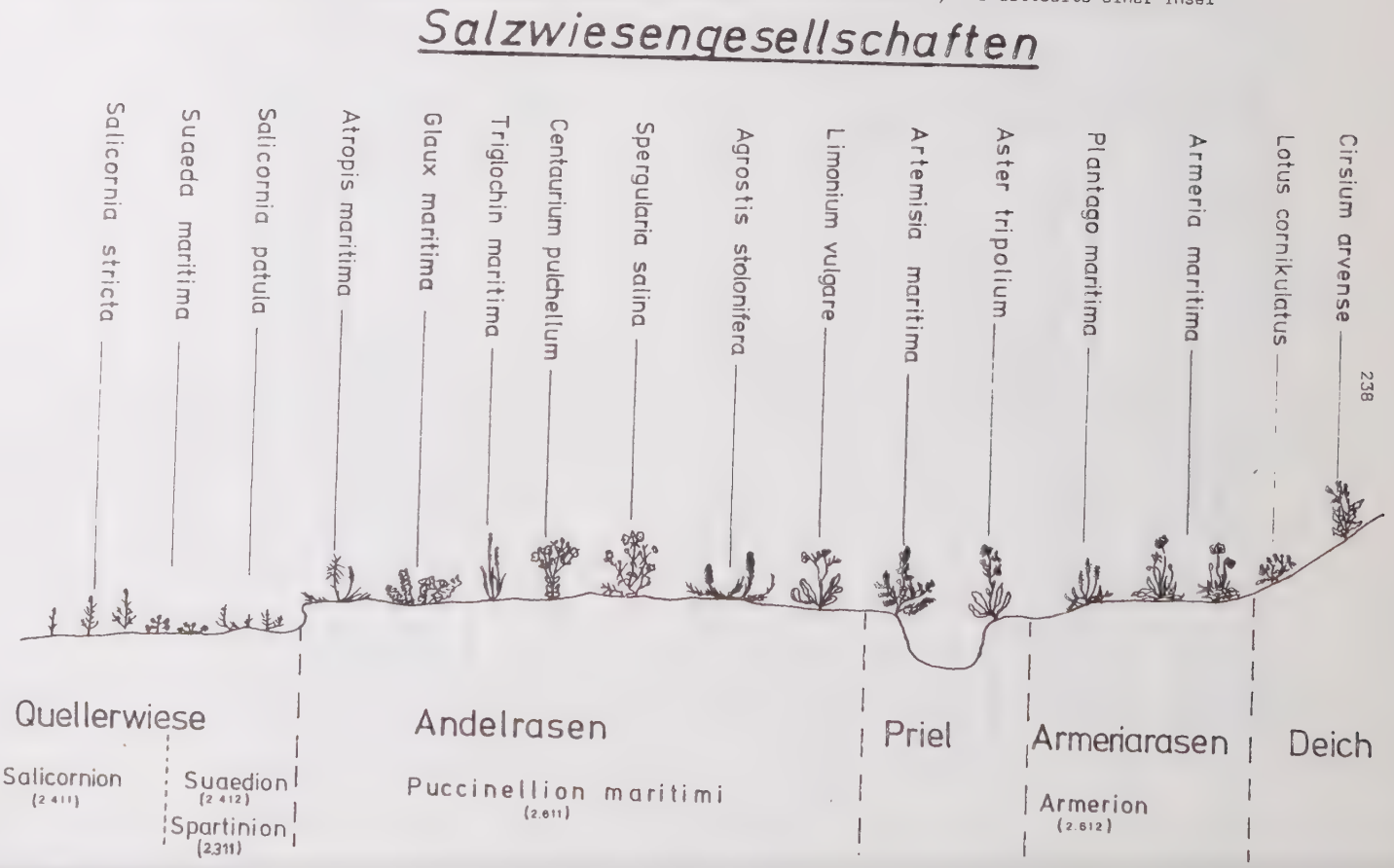
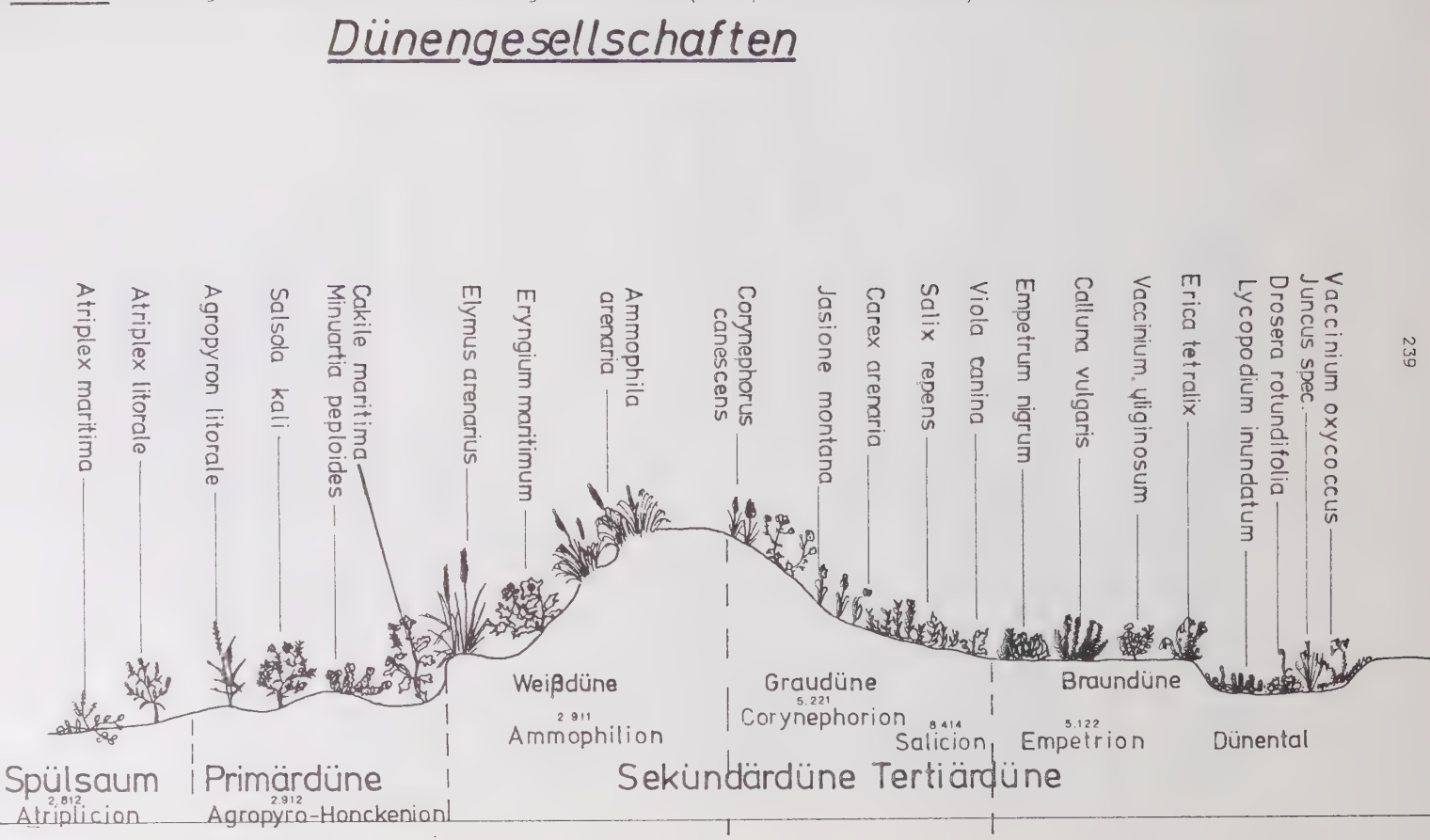


Abb. 96b: Anordnung der Pflanzen in den Pflanzengesellschaften (Idealprofil nach KESSELER) der Dünenseite einer Insel



Um die pflanzensoziologische Eingliederung eines Bestandes nach morphologischen Gesichtspunkten zu ermöglichen, wurde der Schlüssel nach WILMANNS (1973) leicht verändert in Tab. 64 erstellt.

Tabelle 64: Bestimmungsschlüssel für Inselpflanzen-Gesellschaften

1) Pflanzengesellschaften des Wattenmeeres
-) Pflanzengesellschaften der Dünen und des Grodens (Innenland) ...2 ...7

2) Pflanzen untergetaucht flutend ... Zosteretea (Seegras-Wiesen)
-) Pflanzen aufrecht wachsend, wenn auch zeitweise überschwemmt ...3

3) Pflanzenbestände dicht, rasenartig, geschlossen ...6
-) Pflanzenbestände lückig, locker ...4

4) Pflanzen einjährif, sukkulent ... Thero-Salicornietea ...5
-) Pflanzen ausdauernd, grasartig ... Spartinetea (Spartinion)

5) fast nur Queller mit einigen Algen vergesellschaftet ...Salicornion
-) Queller und Strandsoda mit einigen anderen Arten vergesellschaftet ... Suaedion

6) Pflanzenbestand nahe dem Quellerwatt, vorwiegend Gräser im Bestand (Salzschwaden, Abstehender Schwaden)... Andel-Rasen (Puccinellion)
-) Bestand höher, in Deichnähe, vorwiegend mit Grasnelken bewachsen ... Armerion maritimae

7) lockere Pflanzenbestände am Strand oder Spülsaum ... Cakiletea
-) dichtere Bestände der Dünen und des Innenlandes ...8

8) Bestände der Dünen ...9
-) Bestände des Innenlandes ..14

9) Bestände in den Weißdünen ..10
-) Bestände in den Grau- und Braundünen ..13

10) lockere, grasartige Bestände auf den Weißdünen ... Ammophiletea
-) dichtere Bestände zwischen Weiß- und Graudünen ..11

11) Bestände mit Büschen oder Zwergsträuchern ..12
-) Bestände ohne Büsche und Zwergsträucher, Silbergrasreich ... Corynephoretalia

12) hohe Gebüsche mit Sanddorn und Kriechweide ... Salicion arenariae
-) niedrige, Krähenbeere-reiche Zwergstrauchgesellschaft ... Empetrion nigrae

13) Gesellschaften mit Gebüschen ... Salicion arenariae
-) niedrige, Zwergstrauchreiche Gesellschaft ...Empetrion nigrae

14) Gesellschaften an Wegrändern etc. ...Plantaginetea
-) Gesellschaften des Grünlandes mit vielen echten Gräsern ... Molinio-Arrhenatheretea (Wiesen und Weiden)

5.2.2 Kurze Beschreibung und Charakterisierung der typischen Gesellschaftsverbände der Inseln (nach WILMANNS 1973, ELLENBERG 1963, RUNGE 1973 und FUKAREK 1964)

2.111 ZOSTERION (Seegras-Wiesen)

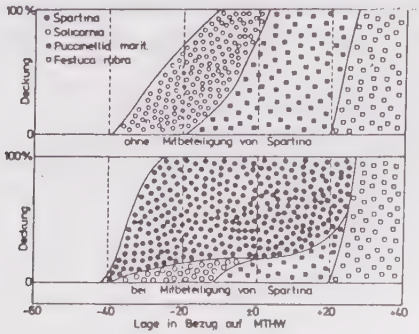
Der Wattboden wird an ständig unter Wasser stehenden Stellen häufig von den Seegras-Wiesen bewachsen. Die Seegräser sind Pionierpflanzen des Wattbodens auf Schlick und häufig mit Algen vergesellschaftet. Algen und Seegräser halten und festigen das lockere tonige Sediment des Wattbodens. Charakterarten:

Gemeines Seegras (Zostera marina)
Kleines Seegras (Zostera nana)
verschiedene Algenarten (Enteromorpha spec.)

2.311 SPARTINION (Schlickgras-Pioniergesellschaften)

Das Schlickgras (Spartina townsendii) wurde 1927 an der Schleswig-Holsteinischen Küste angepflanzt (ELLENBERG 1963) und hat sich seitdem im Watt der ostfriesischen Inseln ausgebreitet. Da es eine ausdauernde, horstbildende Pflanze ist, wurde angenommen, daß das Schlickgras sich besser zur Landgewinnung eignen würde als der Queller. Dies erwies sich jedoch als falsch - im Gegenteil, das Schlickgras verdrängte den Queller und gefährdete auch die Anschlußgesellschaft des Andelrasens, da alle Pflanzen des Watts sehr lichtbedürftig und kleinwüchsig sind, während das Schlickgras bis 1 m hoch wird und beschattend wirkt (vgl. Abb. 97 aus: WILMANNS, S. 97), wodurch der Andelrasen verdrängt wird.

Abb. 97: Veränderungen der Wattvegetation durch Spartina townsendii



Die Pioniergesellschaften des Schlickgrases bilden mehr oder weniger dichte Bestände etwa in Höhe der Mittelhochwasserlinie (RUNGE). Sie dienen als Schlickfänger und -festiger, eignen sich jedoch für diesen Zweck weniger gut als die Queller-Gesellschaft. Für die Außendeich-Nutzung als Viehweide eignet sich Spartina ebenfalls nicht, da es vom Vieh verschmäht wird.

2.411 SALICORNION (Queller-Pioniergesellschaften)

Im Bereich des mittleren Hochwasserniveaus besiedeln einzeln wachsende Quellerpflanzen (Salicornia spec.) den Wattboden in ausgedehnten Beständen. Landeinwärts nimmt die Zahl der Einzelpflanzen zu und damit verdichten sich die Bestände. Außer dem Queller kommen noch viele Grünalgen vor, die die Schlickoberfläche besiedeln und durch Schleimabsonderungen festigen.

Der Queller ist eine der wenigen Pflanzen, die die dauernde Überflutung durch das Meer ertragen. Er ist ebenfalls in der Lage, relativ hohe Salzkonzentrationen im Boden zu ertragen. Unter dem Salzgehalt als wichtiger Standortfaktor ist im Mittelhochwasserbereich der Queller die konkurrenzfähigste Pflanzenart neben dem bereits erwähnten Schlickgras, das im Gegensatz zum einjährigen Queller mehrjährig ist.

Die dichten Queller-Bestände haben bei der Landgewinnung große Bedeutung, da durch die zahlreichen Pflanzenstengel die Geschwindigkeit der Flut gebremst wird, so daß zwischen den Pflanzen Schlick abgelagert wird. Auf diese Weise bereitet der Queller den Wattboden für die Folgegesellschaften (Andelrasen) vor, indem er das Land über die Mittelhochwasserlinie erhöht, so daß das Land nicht mehr täglich überflutet wird und andere Arten existieren können.

Charakterarten:

Queller-Arten (Salicornia spec.)

2.412 SUAEDION (Strandsode-Schlickstrandfluren)

Nach KNAPP 1971 nahe verwandte, halophile Pflanzengesellschaften des Salicornion. Bestehen ebenfalls überwiegend aus Einjährigen (Queller und Strandsode). Charakterpflanze:

Suaeda maritima (Strandsode)

Übergangsgesellschaft zum Andelrasen, Gesellschaft des Wattrandes

2.611 PUCCINELLION MARITIMAE (Andelrasen)

Oberhalb der Mittelhochwasserlinie wird das Land nur noch bei Springfluten überflutet. Hier siedeln sich rasenähnliche Pflanzengesellschaften, der Andelrasen, an. Die salzvertragenden Arten bilden dichte Bestände, die den Boden festigen und zusätzlich als gute Viehweide dienen. Die Gesellschaften des Andelrasens siedeln sich bei relativ hohem Salzgehalt im Anschluß an die Queller- oder Schlickgras-Gesellschaft an. Charakterarten:

Puccinellia maritima (Andel)
Halimione portulacoides (Portulak-Keilmelde)

2.612 ARMERION MARITIMAE (Strandnelken-Wiesen)

Die Strandnelkenwiesen lösen den Andelrasen auf weniger salzreichem, höher gelegenem Substrat ab. Diese Wiesen erstrecken sich meist bis zum Deich hin. Charakterart:

Strandnelke (Armeria maritima)

2.811 HONCKENYO-SALSOLION (Salzkraut-Spülsaum-Gesellschaften)

Am Strand im Bereich der Weißdünen, häufig vor den Dünen, wachsen lockere Pflanzengesellschaften an stickstoffreichen Stellen (häufig übersandete Tangreste etc.). Hervorstechende Pflanze ist der Meersenf (Cakile maritima). Die Gesellschaften werden meist durch die Winterhochwässer wieder zerstört. Charakterarten:

Salzkraut (Salsola kali)
Meersenf (Cakile maritima)

2.812 ATRIPLICION LITORALIS

Ebenfalls an nährstoffreichen Stellen (z.B. auf übersandetem organischem Angespül) siedeln sich lockere Bestände aus Gänsefußarten (Melden) an. Charakterarten:

Spießblättrige Melde (Atriplex hastata)
Strandmelde (Atriplex litoralis)

2.912 AGROPYRO-HONCKENYON (Strandquecken-Primärdünen-Gesellschaften)

Der unbeeinflußte Sandstrand wird neben den Spülsaumgesellschaften von den Strandquecken-Gesellschaften besiedelt, die jedoch gegen mechanische Beschädigung recht empfindlich reagieren. Durch diese lockeren Pflanzengesellschaften werden am Strand natürliche Windhindernisse gebildet, die als Sandfang dienen und zur Primärdünenbildung beitragen. Wenn diese Primärdünen einige cm über der normalen Mittelhochwasserlinie liegen, werden sie durch Regen-

wasser ausgesüßt und können dann von Strandroggen oder Strandhafer besiedelt werden, die in der Regel die starke Versalzung, der die Strandquecken-Gesellschaften unterliegen, nicht ertragen. Die Strandquecken-Gesellschaft ist also eine wichtige Pflanzenformation, die der Dünenbildung dient. Charakterarten:

Strandquecke (Agropyron junceum)

2.911 AMMOPHILION (Strandhafer-Weißdünen-Gesellschaft)

Die Weißdünen werden befestigt und maßgeblich fortgebildet durch die Strandhafer-Gesellschaft. Der ständig neue Anflug von Sand verschüttet die Strandhafer-Pflanzen, die ihrerseits neue Triebe bilden, die die Sandschicht durchstoßen. Unterirdisch bildet der Strandhafer ein Wurzelwerk von mehreren Metern - zusätzlich bildet er zahlreiche Ausläufer. Auf diese Weise wird das Innere der Weißdüne von einem Geflecht aus Wurzeln, Trieben und Ausläufern durchzogen, die den Sand befestigen. Charakterarten:

Ammophila arenaria (Strandhafer)
Elymus arenarius (Strandroggen)

5.221 CORYNEPHORION (Silbergras-Dünen-Gesellschaft)

Sind die Dünen zur Ruhe gekommen, kann der Sand nun von weiteren, anspruchslosen Pflanzenarten besiedelt und befestigt werden. Die Ansiedelung des Silbergrases zwischen den locker wachsenden Horsten des Strandhafers führt zur relativ dichten Vegetationsdecke der Silbergras-Dünen-Gesellschaft.

Charakterarten:

Silbergras (Corynephorus canescens)
Sandsegge (Carex arenaria)

5.222 THERO-AIRION (Kleinschmielen-Rasen)

Kleine, niedrige Rasengesellschaften besiedeln die älteren grauen Dünen und die Wegränder sowie sandige Böschungen. Charakterarten:

Aira praecox (Früher Schmielenhafer)
sowie als OC: Hasenklee (Trifolium arvense)
Scharfer Mauerpfeffer (Sedum acre)
Sandhornkraut (Cerastium semidecandrum)

5.223 KOELERION ARENARIAE (Sand-Schillergras-Rasen)

Ebenfalls in den grauen Dünen sind die niedrigen, trockenen Rasengesellschaften dieses Verbandes zu finden. Häufig sind diese Gesellschaften mit Moosen und Flechten durchsetzt. Charakterarten:

Koelaria albescens (Weißliches Schillergras)
sowie die unter 5.222 genannten OC

5.122 EMPETRION BOREALE (Krähenbeer-Heiden)

Natürliche Zwergstrauchheide, die als Ersatzvegetation für Wald angesehen werden kann, besiedelt die Graudünen - dort bevorzugt die Nordhänge.

Charakterarten:

Krähenbeere (Empetrum nigrum)
Sand-, Kriechweide (Salix repens var. arenaria)

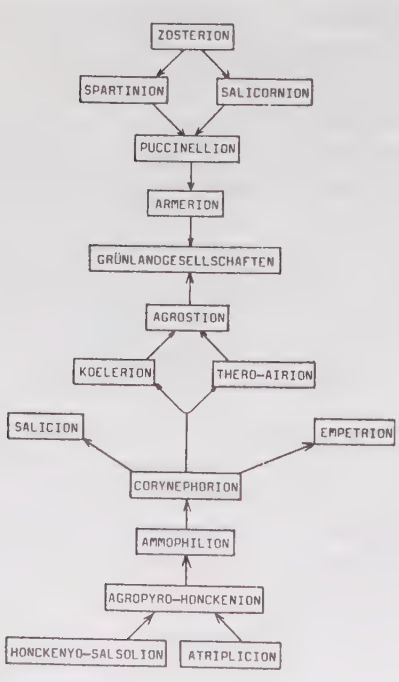
8.414 SALICION ARENARIAE (Dünenweiden-Gebüsche)

Auf den Inseln ist wegen der starken Windeinwirkung eine Bewaldung nur schwer möglich. Findet man trotzdem Waldgesellschaften, so sind diese künstlich entstanden und erreichen meist nur eine durch die Dünenhöhe begrenzte Höhe. Der Wind der Inseln führt häufig feinen Sand mit sich, der sich auf Bäume, die über den Windschutz der Dünen hinauswachsen, wie ein Sandstrahlgebläse auswirkt: die Kronen wirken wie angeschnitten; ein weiteres Wachstum der Kronen erfolgt in die Breite, nicht in die Höhe. Solche windgeformte Bäume findet man auch häufig im niederländischen Küstenland.

Die Dünentäler und Lee-Hänge besonders der Weißdünen zeigen jedoch eine ausgeprägte Busch-Vegetation mit Sanddorn-Gebüschen, die unter Umständen bis zu 2 m hoch werden können. Diese Dünengebüsche bilden vermutlich den Endpunkt der Sukzession der Insel-Dünen-Gesellschaften. Charakterarten:

Salix repens (Kriechweide)
Hippophae rhamnoides (Sanddorn)

Abb. 98: Entwicklungsstadien der Wattvegetation (Sukzession) und Dünenvegetation



5.3 Anfertigung eines Vegetationsprofils der Insel Wangerooge

Die idealisierte Abfolge der Pflanzengesellschaften der Abb. 96 und Abb. 98 läßt sich auf der Insel mit Hilfe eines Vegetationsprofils selbständig erarbeiten. Bei einem Aufenthalt auf Wangerooge im Oktober 1976 wurde das folgende Vegetationsprofil aufgenommen.

5.3.1 Methoden

Vegetationsaufnahme nach BRAUN-BLANQUET

5.3.2 Durchführung

Das Profil sollte quer, d.h. von Süden nach Norden, über das Westende der Insel gelegt werden. Bei der Geländebesichtigung ergab sich die Möglichkeit, ein Profil ohne die Grünlandvegetation des Polders zu erarbeiten. Das Profil wurde darum von Südosten nach Nordwesten gelegt, parallel zu einem nachträglich angelegten Dünenwall, der vom Profil ausgespart wurde). In der folgenden Rohaufnahmetabelle wurden die Arten in der Reihenfolge des Vorkommens in den einzelnen Aufnahmen aufgeschrieben. Die einzelnen Aufnahmen wurden nach der natürlichen Reihenfolge im Gelände geordnet- Aufnahme Nr. 1 ist im Südosten im Watt gemacht worden, Aufnahme 26 beendet das Profil im Nordwesten der Insel in den Weißdünen nahe des Westturmes.

Tabelle 65a: Rohaufnahmetabelle der Watt- und Hellergesellschaften

	Sali-cornion	Spar-tinion		Puccinellion "Juncion" ≙ Armerion												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14		
1. Salicornia europaea	5	1-2	3	1-2	3-4	2	4	+-1	+°	r	1°	+°	-	-		
1. Spartina townsendii		+	2													
2. Grünalgen		5	5													
1. Halimione portulacoides				3	+	2	+-1	+	r	r	+	+		r°		
2. Limonium vulgare				3	1	2-3	2	4	1-2	r	3	2	+			
3. Armeria maritima				+		+	r		r	2				+		
4. Artemisia maritima				+		r	r			r		1		r°		
5. Suaeda maritima				3-4				+		+	+	+				
6. Puccinellia maritima				5	4	4	1							+		
7. Aster tripolium				+		+-1	+				+					
8. Spergularia marina				+												
1. Juncus gerardii							1-2		5		5	5	5	1-2		
2. Honckenya peploides						+	+					+	+			
3. Plantago maritima						+	2	+	1-2		1-2	1				
4. Festuca ovina							2							+		
1. Atriplex hastata									r	r	+	+	+			
2. Juncus maritimus											1	1				
1. Moose														2		
2. Lotus corniculatus														1		
3. Keimlinge														1		
4. Agropyron														+		
5. Poa annua														+		
6. Ammophila arenaria														+		
Artenzahl	1	3	3	9	4	7	11	5	7	7	8	10	4	12		

Tabelle 65b: Rohaufnahmetabelle der Dünengesellschaften

	Ammophilion											Cakilion	
	14	15	16	17*	18	19	20	21	22	23	24	25	26
Moose	2	4	3	5	4	3	1		5				
Ammophila arenaria	+	+	4	+	1	2	1		3	5	5	+	1
Lotus corniculatus (ssp. tenuifolius)	1	1			2-3	3	+	1	1	+			
Poa annua	+												
Keimlinge	1	+						+-1					
Agropyron spec.	+												
Cladonia rangiferina		1				4	2						
Trifolium arvense		+											
Galium mollugo		+		+		+	2	+	+	2	+		
Jasione montana		+	+			+			1	+			
Leontodon hispidus		+	+			r	r		r		+		
Linaria vulgaris		+		2									
Euphtasia nemerosa		+											
Corynepherus canescens		+		3	3	3							
Elymus arenarius			+		+			r		r			
Flechten			+				2						
Cladonia pyxidata			r-+			+			+				
Aster linosyris			r										
Polypodium vulgare				+									
Rosa spinasissima				r									
Hyppophae rhamnoides				3-4									
Poa nemoralis				2-3									
Carex arenaria				+		3	4	3					
Carex appropinquata				3		1							
Agrostis stolonifera				3	1								
Rubus idaeus				+									
Silene otites					+	+	2			+			
Eryngium maritimum						+							
Sedum acre/Salsola kali							+	+			r		
Hieracium umbellatum									1	+			
Cakile maritima										+	1	5	3
Oenothera parviflora											+		

*) Dünenweidengebüsch (= Salicion repentis)

Tab. 66 : Legende zum Vegetationsprofil in Tab. 65

Lfd. Nr. d. Aufnahme	Datum	Fläche qm	Gelände	Vegetations-dichte	Boden	Höhe ü.N.N.	bes. Vorkommen	Peilung
1	10.10.76	25	ca. 50 m südl. Fahrtlinie	5 %	Schlick fein	0	in Umgebung häufiger	270° z. Westturm 45° z. Leuchtturm
2	10.10.76	25	50 m nördl. v. Aufnahme 1	90 %	Schlick	0		
3	10.10.76	25	120 m nördl. v. Aufnahme 2	90 %		0		
4	10.10.76		120 m nördl. v. Aufnahme 3	100 %		0		
5	10.10.76	1	65 m nord-westlich v. Aufn. 4	90 %		0		280°/115°
6	10.10.76	16	20 m westl. v. Aufnahme 5 (Bohrstamm)			0		
7	11.10.76	4		90 %		0		280°/60°
8	11.10.76	4	110 m nord-westlich v. Aufn. 7	50-60 %		0	überschwemmt	
9	11.10.76	4	60 m westl. v. Aufnahme 8	100 %		0		
10	12.10.76	4	120 m westl. v. Aufnahme 9	95 %		0		
11	12.10.76	4	25 m westl. v. Aufnahme 10	100 %		0	Einfluß v. plagender Menschenhand	
12	12.10.76	4	wenige Meter südl. v. Aufn.11	100 %		0		
13	12.10.76	4	115 m westl. v. Aufn. 12	100 %				
14	12.10.76	4	15 m westl. v. Aufnahme 13	100 %		40 cm	kleine Düne	
15	12.10.76	4	125 m westl. v. Aufnahme 14	100 %				
16	12.10.76	4	20 m westl. v. Aufnahme 15	100 %		100 cm	Expos. Süden Neigung 15°	
17	13.10.76	16		100 %			Sanddorngebüsch	295°/80°
18	13.10.76	4	10 m vom Sanddorngebüsch	100 %				
19	13.10.76	25	30 m westl. v. Aufnahme 18	100 %				
20	13.10.76	4	27 m westl. v. Aufnahme 19	60 %				
21	13.10.76	4	65 m westl. v. Aufnahme 20	40 %				
22	13.10.76	25	150 m westl. v. Aufnahme 21	90 %			Nähe Westturm	
23	14.10.76	40	80 m westl. v. Westturm	50 %		5 m	Düne	
24	14.10.76	12	25 m westl. v. Aufnahme 23	30 %				
25	14.10.76	4	100 m westl. v. Aufnahme 24	10 %			Deich oben	
26	14.10.76	4	57 m weiter auf Deich	5 %				

5.3.3 Auswertung des Vegetationsprofils

Aus Tab. 65 können die folgenden Pflanzengesellschaftsverbände rasch ermittelt werden, da das Profil einem Idealprofil (Abb. 96) ohne Zwischengesellschaften wie z.B. Dünenmoore oder Poldergrünland nahekommt.

Aufn.-Nr.	Pflanzensoziologische Zugehörigkeit (Verband)
1	Salicornion (Queller-Gesellschaften)
2,3	Spartinion (Schlickgras-Ges.)
4-6	Puccinellion (Andelrasen)
7-13	Armerion (Strandnelkenwiesen)
14	Übergangsgesellschaft
15-24	Ammophilion (Strandhafer-Dünenges.)
25,26	Honckenyo-Salsolion (Spülsaum-Ges.)
17	Salicion arenariae (Sanddorn-Gebüsche)

Die ökologische Auswertung einiger typischer Veg.-Aufnahmen aus dem Profil soll Auskunft über die Ursachen der Anordnung der Gesellschaften geben; dazu wurden die Aufnahmen Nr. 1, 3, 4, 11, 14, 17, 22, 24 und 25 mit den Zeigerwerten nach ELLENBERG 1974 ausgewertet (Tab. 67).

Die vermutete Ursache der Anordnung war :

- im Watt abnehmende Vernässung durch Überflutung und damit verbundene Abnahme der Bodenversalzung
- in den Dünen abnehmende Versalzung durch Überflutung und abnehmender Windeinfluß und damit verbundener Übersandung sowie Abnahme der Reaktion und des Nährstoffgehaltes.

Diese Vermutungen lassen sich aus Beschreibungen der Pflanzengesellschaften (RUNGE 1973, WILMANNS 1973 u.a.) ersehen.

In Abb. 99 wurden dann die einzelnen mittleren Standortwerte zu Vergleichszwecken graphisch in Form eines Transektes aufgetragen.

Aus Abb. 99 geht hervor, daß der Salzgehalt des Bodens vom Watt zur Inselmitte hin ständig abnimmt und zu den Dünen hin wieder ansteigt - somit also als wichtiger Standortfaktor gelten darf.

Einen ähnlichen Kurvenverlauf zeigen auch die anderen Kurven, von denen aber der Nährstoffgehalt besondere Beachtung erhält, da der Nährstoffgehalt in den Dünen stark ansteigt.

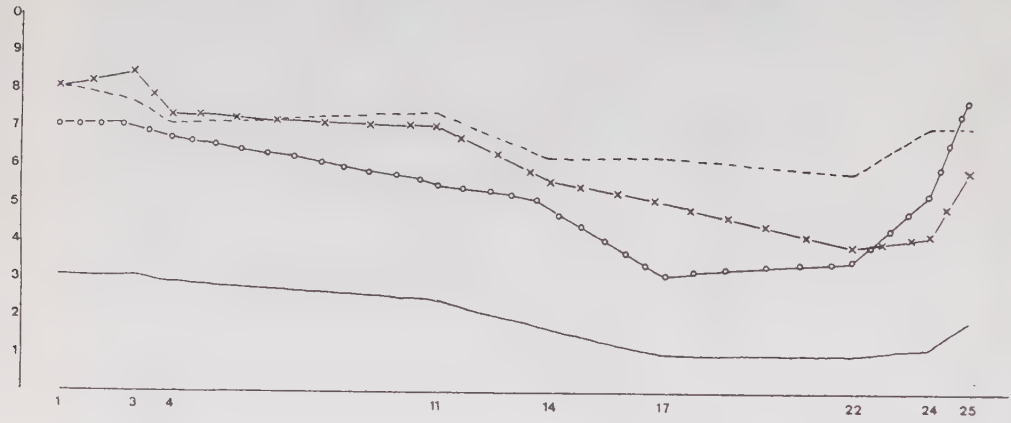
Tab. 67 : Ökologische Auswertung einiger typischer Veg.-Aufnahmen zum Profil der Insel Wangerooge X/76

Nr.	Auf.-Nr. u. Soz. Verh.	mL	mT	mF	mR	mN	mSalz	LF %	B %	Anatomie %
1	2.4 : 100 % 2.41 : 100 %	9.00	-	8.00 ~:100%	8.00	7.00	3.00	T:100 H: G: C:	S:100	su:100
3	2.41 : 60 % 2.331 : 40 %	8.6	5.0	8.4 =:40% ~:60%	7.6	7.0	3.0	T: 60 H: 20 G: 20	S: 60 W: 40	su: 60 he: 40
4	2.412 : 20 % 2.611 : 31,4% 2.612 : 37,1%	8.7	6.35	7.25 =: 92% ~: 8%	7.04	6.77	2.86	T: 29 H: 53 C: 18	S: 28 I: 22 W: 50	su: 30,5 he: 25 sk: 29 m: 14 hg: 1,5
11	2.412 : 12,5% 2.612 : 87,5%	8.37	6.75	6.96 =: 92% ~: 8%	7.42	5.48	2.42	T: 15 H: 40 G: 42 C: 4	S: 12,5 I: 4 W: 83,5	su: 21 he: 31 sk: 48
14	2.611 : 15,6% 2.612 : 53,1% 2.911 : 31,3%	7.95	6.08	5.54	6.14	5.04	1.68	T: 4 H: 49 G: 44 C: 3	S: 35 I: 12 W: 53	su: 5,2 he: 22 sk: 42,1 m: 26,3 hg: 4,4
17	1.514 : 42,3% 5.221 : 49,3% 2.911 : 7,0% 6.112 : 1,4%	7.67	5.29	5.02	6.20	3.13	(1.0)	T: - H: 69 G: 9 C: 1 N: 19 Z: 2	S: 43 I: 23 W: 34	he: 30 sk: 29,3 m: 47,7
22	2.911 : 60 % 5.23 : 20 % 8.31 : 20 %	7.77	5.75	3.92	5.83	3.49	(1.0)	H: 55 G: 45	S: 23 I: - W: 92	sk: 60,6 m: 39,4
24	2.811 : 83,3% 2.911 : 16,7%	8.74	6.02	4.27	7.0	5.18	1.17	T: 18 H: 16 G: 66	S: 8 I: - W: 92	su: 7 sk: 70 m: 23
25	2.811 : 91 % 2.911 : 9 %	9.0	6.0	5.82	7.0	7.73	1.91	T: 91 G: 9	S: - I: - W:100	su: 45,5 sk: 9 m: 45,5

Tab. 68 : Ökologische Auswertung der restlichen Veg.-Aufnahmen zu Tab. 67

m-Werte / Aufnahme	2	5	6	7	8	9	10	12	13	15	16	18	19	20	21	23	26
mL	8.75	9.00	8.85	8.45	8.85	8.25	8.26	8.43	8.23	7.66	8.71	7.88	7.68	7.46	7.14	8.16	9.00
mT	5.00	6.66	6.56	6.68	6.80	6.94	6.25	6.75	7.00	5.40	5.91	6.11	5.86	6.43	5.00	6.00	6.00
mF	8.25	7.72	7.24	6.65	6.62	6.84	5.15	6.56	6.77	3.55	4.07	3.88	4.07	3.65	3.84	4.18	5.50
mR	7.75	7.41	7.15	6.81	7.25	7.50	5.55	7.33	7.00	5.14	6.63	5.46	5.04	4.60	3.34	6.56	7.00
mN	7.00	7.22	6.75	6.38	5.66	5.19	4.82	5.57	5.46	2.75	4.59	3.00	2.56	2.08	1.98	4.59	7.25
mSalz	3.00	3.00	2.75	2.61	2.92	2.21	1.47	2.17	2.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.08	1.75

Abb. 99 : Ökologische Auswertung des Veg.-Profils Wangerooge X/76



– – – – – – = mR-Kurve

–x–x–x–x–x = mF-Kurve

———————— = Salzkurve

–o–o–o–o–o= mN-Kurve

Abb. 100 : Lebensformenspektren der Veg.-Aufnahmen aus Tab. 67

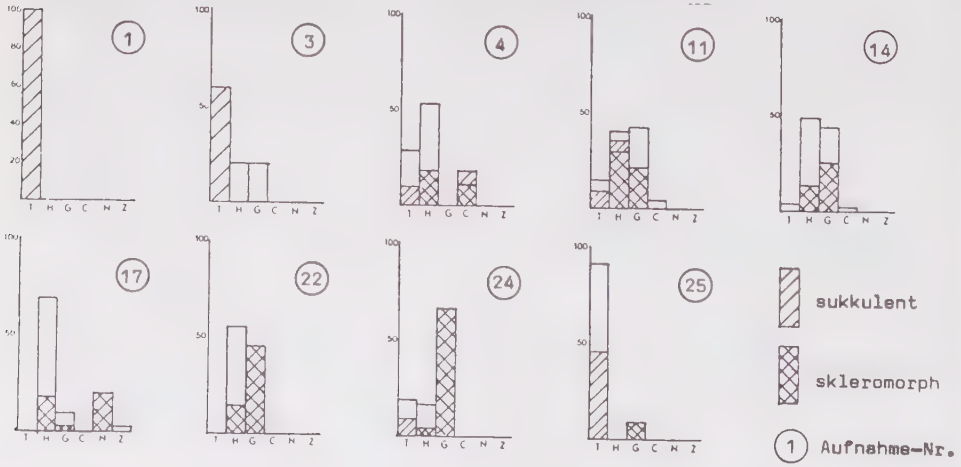
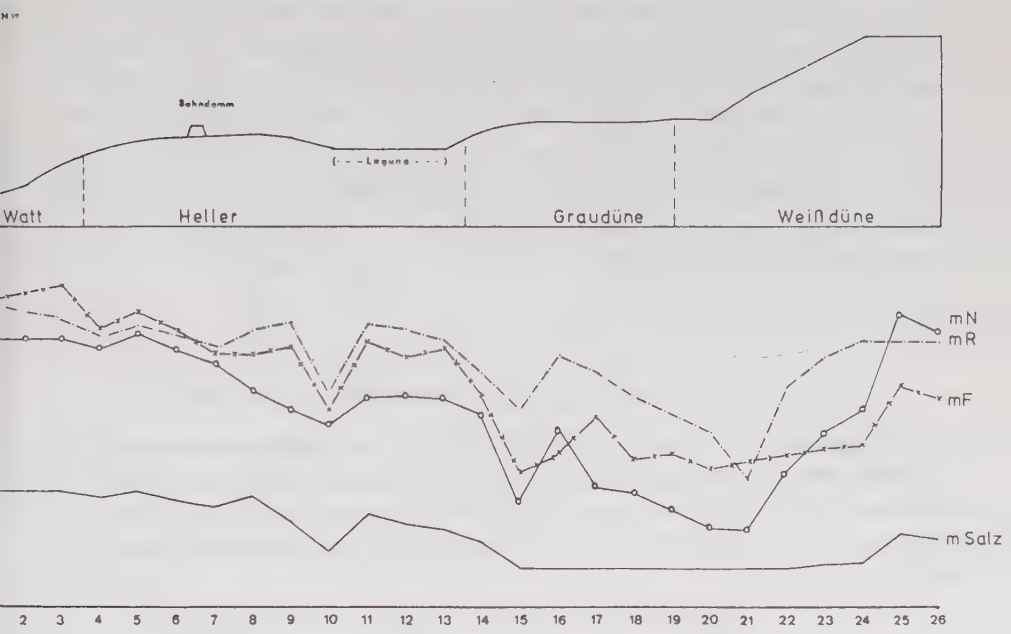


Abb. 101 : Höhenprofil und ökologische Auswertung aller Veg.-Aufnahmen des Vegetationsprofils Wangerooge X/76



Die graphischen Darstellungen der schematischen Inselprofile (Abb. 99 und 101) mit den durch ökologische Analysen gewonnenen mittleren Standortwerten bestätigen die früher aufgestellten Vermutungen.

Vom Strand über die Weißdünen bis in die Graudünen nehmen die Reaktionszahlen ab; der in den Weißdünen ständig angewehte Sand enthält fein zermahlene Muschelschalen (Muschelstaub), der als Kalkgabe die Bodenreaktion des Sandes ansteigen läßt. Bei weiterer Dünenentwicklung zu den Graudünen unterbleibt die weitere natürliche "Kalkdüngung" und die Kalkvorräte im Sand werden aufgebraucht - die Reaktion sinkt, der Boden "versauert".

Zum Watt hin steigt die Reaktion wieder durch ständige Anlandung von Muschelschalen mit der Flut an (Tab. 69).

Tabelle 69: Korngrößen, Kalkgehalt und organische Substanz in Wattböden (aus ELLENBERG 1963)

	Sand	Schlicksand	Schlick
Grobsand >1 mm	0,5 %	<0,5 %	-
Sand 1 - 0,1 mm	71 %	24 %	8 %
Grobstaub 0,1 - 0,05 mm	24 %	49 %	23 %
Staub 0,05 - 0,01 mm	2 %	17,5 %	42 %
Feinstes <0,01 mm	2,5 %	>9 %	27 %
Kalkgehalt min.	0	0	3,5 %
Kalkgehalt mittel	2,6 %	6,7 %	10,6 %
Kalkgehalt max.	8,5 %	13,3 %	21,5 %
org. Substanz min.	0	0	3,5 %
org. Substanz mittel	1,6 %	4,3 %	9,5 %
org. Substanz max.	5,5 %	12,6 %	21,5 %

Weiterhin verdeutlicht die ökologische Auswertung die Nährstoffverhältnisse des Bodens, die besonders in dem eigentlich nährstoffarmen Sand nur schwer chemisch nachzuweisen sind. Der Nährstoffreichtum an Strand/Düne und im Watt erklärt sich ebenfalls durch die Überflutung mit Meerwasser und den darin enthaltenen Nährstoffen.

Am Strand und in den Dünen kommt noch eine Düngung durch den Wind (Anflug von Samen, Pollen etc.) hinzu.

Zu Abb. 101 wäre noch hinzuzufügen, daß die beiden Sprünge in der Salzkurve (auch in den anderen Kurven) mit der Lage der Lagune zusammenhängen (dazu das Höhenprofil, in dem die Lagune verzeichnet ist).

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß die Anfertigung eines Vegetationsprofiles einer Insel mit anschließender ökologischer Auswertung die unterschiedliche Abfolge der Pflanzengesellschaften in Abhängigkeit von den wichtigen Standortfaktoren Salzgehalt, Nährstoffgehalt und Bodenreaktion erklärt. Diese biologische Analyse ermöglicht Standortangaben ohne chemische Untersuchungen und mit bemerkenswerter Feinheit (z.B. Nährstoffgehalt des Dünensandes). Geringfügige Veränderungen im Profil, wie z.B. die Lagunen auf Wangerooge, machen sich auch in der Analyse sofort bemerkbar (Abb. 101).

5.4 Untersuchungen zum Bodensalzgehalt als wichtigem Standortfaktor für die Inselvegetation

Bei der Auswertung des Veg.-Profils (Abb. 99 und 101) wurde festgestellt, daß der Salzgehalt des Bodens einen wichtigen Standortfaktor darstellt. Um diese Tatsache zu beweisen, wurden an einigen Stellen im Profil Bodenproben (Mischproben) entnommen und der Chloridgehalt nach MOHR (S. 63/64) bestimmt.

Tab. 70 : Ergebnisse der Bodenuntersuchungen zum Veg.-Profil Wangerooge X/76

Probe-Nr.	mg Cl^-/100g	‰ Cl^-	Veg.-Aufn.	mSalz	Pflanzengesellschaft
1	382,2	3,82	1	3,o	Quellerwatt
2	227,7	2,28	3	3,o	Schlickgras-Ges.
3	65,o	0,65	4	2,86	Andelrasen (trocken)
4	203,3	2,03	7	2,61	Andelrasen (feucht) bei Lagune
5	56,9	0,57	11	2,42	Boddenbinsen-Ges.
6	8,1	0,08	14	1,68	Übergangsges.
8 (10/77)	19,o	0,19	94	1,06	Strandhaferdüne

Die Ergebnisse beziehen sich auf 100 g standortfrischen Boden

Die Bodenanalysen bestätigen die ökologische Analyse mit einer Ausnahme : der trockene Andelrasen (Probe 3) fällt durch relativ niedrige Salzwerte nach der chemischen Analyse heraus, was jedoch jahreszeitlich bedingt sein kann (Bodenfeuchte), wie auch die übrigen Proben unter dem Aspekt der Stichprobe verstanden werden müssen. Der Bodensalzgehalt kann im Jahreslauf erheblichen Schwankungen unterworfen sein (

Die regelmäßig von der Flut bewässerten Queller- und Schlickgrasgesellschaften weisen die höchsten Salzkonzentrationen im Boden auf; entsprechend dem extremen Lebensraum sind diese Gesellschaften artenarm und individuenreich, wobei die Lebensformenspektren (Abb. 100) einen sehr hohen Anteil an Therophyten aufweisen. Die Bestandsbildner dieser Gesellschaften, Queller und Schlickgras, werden mit dem Salz des Bodens auf besondere Weise fertig : der Queller steigert im Laufe der Vegetationsperiode seine Sukkulenz, d.h. er speichert immer mehr Salz und entsprechend viel Wasser, während das Schlickgras zu den "absalzenden Pflanzen" (WALTER 1960) gehört, die überschüssiges Salz durch besondere Drüsenzellen nach außen abgeben, wo es nach eigenen Beobachtungen am Sproß auskristallisiert.
Der trockene Andelrasen ist nur selten von der Flut überschwemmt und unterliegt somit der Aussüßung durch Regenwasser.
Der feuchte Andelrasen an der Lagune wird von dem Lagunenwasser (bei der Untersuchung enthielt dies 19 ‰ Cl^-) beeinflußt und zeigt entsprechend hohe Chloridwerte.

Weiter landeinwärts macht sich der aussüßende Charakter des Regenwassers bemerkbar durch fallende Salzkonzentration, bis der Salzgehalt in den Dünen geringfügig ansteigt durch Spritzwasser und Hochwasser.
Die Aussüßung von höhergelegenen Standorten läßt sich bereits an Spartinahorsten zeigen (Abb. 102 und Tab. 71/72), deren höchste Stelle häufig von kleinflächigen Strandflieder-Inseln bewachsen ist.

Abb. 102 : Standortskizze eines Spartina-Horstes Wangerooge X/77
(die zugehörigen Veg.-Aufnahmen sind durch die lfd. Nr. gekennzeichnet)

Tab. 71 : Veg.-Aufnahmen am Spartina-Horst (Abb. 102)

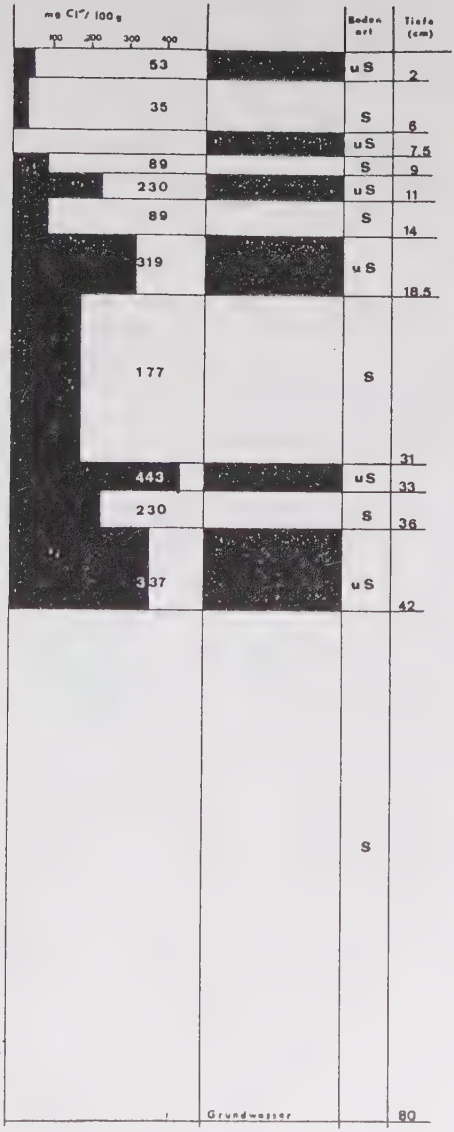
Veg.-Dichte	70 %	95 %	70 %
Art/Lfd.-Nr.	97	98	99
Spartina townsendii	5	+-1	5
Salicornia europaea	+	1-2	1
Grünalgen		5	3
Limonium vulgare		3	
Puccinellia maritima	+		

Tab. 72: Bodenanalysen der Standorte am Spartina-Horst (Angaben in ‰ Cl^- der standortfrischen Probe)

Tiefe/Nr.	97	98	99
0 - 5 cm	3,72	3,19	3,72
5 - 10 cm	3,90	3,19	2,84
10 - 20 cm	3,19	4,43	3,19

Die chemische Untersuchung ergab eine um 0,5 ‰ geringere Konzentration der oberen Bodenschichten mit Salzanreicherung in der Tiefe, was auf eine Einspülung von Salzionen in die tieferen Schichten deutet.
Bei der Probenahme im Andelrasen fiel auf, daß das Bodenprofil mehrschichtig aufgebaut zu sein schien; daraufhin wurde das Bodenprofil in Abb. 103 erstellt und in verschiedenen Tiefen und Horizonten auf den Salzgehalt untersucht (Abb. 103).

Abb. 102 : Bodenprofil im Heller (Andelrasen) der Insel Wangerooge am 21.10.77



Die Untersuchung zeigt, daß die Schlick-Horizonte erheblich höhere Salzkonzentrationen aufweisen als die Sand-Horizonte. Diese Verteilung des Salzgehaltes erhält besondere Bedeutung, wenn man berücksichtigt, daß die Durchwurzelungstiefe im Profil bei 20 cm lag. In dem oberen 20 cm des Profils wechseln die Schlick- und Sandhorizonte aber mehrfach, wobei zur Tiefe hin der Salzgehalt beständig ansteigt. Spätere Untersuchungen zur Wurzelwerkausbildung verschiedener Pflanzen werden dies verdeutlichen (s.S.265).

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß die quantitative Bestimmung des Bodensalzgehaltes wichtige Erkenntnisse über die Verteilung der Vegetation im Watt bzw. Heller liefert :

- die salzreichen Standorte (3,8 - 2,3 ‰ Cl^-) werden von artenarmen Pioniergesellschaften mit Queller oder Schlickgras besiedelt
- in den Lebensformenspektren treten in diesen Pioniergesellschaften sehr hohe Anteile an Therophyten auf (Abb. 100)
- die salzärmeren Standorte (2,0 - 0,5 ‰ Cl^-) werden bei zunehmender Trockenheit von ausdauernden, hemikryptophytenreichen Gesellschaften besiedelt, die in typischer Folge auftreten
- eine Übergangsgesellschaft, in der sowohl Pflanzen der Dünen als auch des Hellers auftreten, deutet auf geringen Bodensalzgehalt hin (0,1 ‰ Cl^-)

Weiterhin zeigt die Untersuchung eines Bodenprofils im Andelrasen, daß die Verteilung des Salzes im Boden nicht gleichmäßig ist, sondern in den tonigen Horizonten (zu diesen gehört auch der A-Horizont) eine u.U. erhebliche Überkonzentration gegenüber den sandigen Horizonten vorliegt. Dies ist umso wichtiger für die Pflanzen dieser Standorte, wenn ihre Wurzelausbildung berücksichtigt wird: die Wurzeltiefe der meisten Watt-/Hellerpflanzen reicht nicht über 20 cm Tiefe hinaus, wobei häufig in den tonigen Horizonten ein reiches Seitenwurzelwerk gefunden wurde (vgl. dazu S.265).

5.5 Untersuchungen zur Salzzeigerfunktion der Inselpflanzen

Basierend auf den früheren Untersuchungen wurden im Jahre 1977 intensive Untersuchungen durchgeführt, die 40 Vegetationsaufnahmen und 130 Bodenanalysen umfaßten. Dabei wurden in jeder Vegetationsaufnahme mindestens eine Bodenprobe bis in 20 cm Tiefe entnommen und auf den Salzgehalt hin untersucht.

Die Untersuchungen wurden in zwei Teiluntersuchungen untergliedert: die Anlage eines Vegetationsprofils mit gleichzeitiger Bodenuntersuchung und spezielle Untersuchungen einiger Pflanzenbestände, die im Gelände rein morphologisch auffielen.

5.5.1 Die Untersuchung eines Vegetationsprofils

Mit 16 Vegetationsaufnahmen wurde ein Profil über die Insel erstellt, das die wichtigsten Pflanzengesellschaften erfaßte. Außerdem wurde eine Reihe von orientierenden Bodenproben gewonnen. Die Lage des Profils ist aus Abb. 103 zu ersehen (Veg.-Aufnahmen Nr. 79 - 94). Die Rohaufnahmetabelle zum Profil entspricht der Tabelle 73; die Ergebnisse der ökologischen Auswertungen sind in Tabelle 74 zusammengefaßt und die Ergebnisse der Bodenuntersuchungen bilden die Tabelle 75. Die Angaben der Ergebnisse der Bodenuntersuchungen beziehen sich auf 100 g standortfrischen Boden, da zur Zeit der Untersuchungen eine Bodenwassergehaltsbestimmung nicht möglich war; die Ergebnisse sind daher zwar untereinander vergleichbar, nicht jedoch mit den sonst in der Literatur zu findenden Angaben des Bodensalzgehaltes in % der Bodenlösung. Da es keinen Boden gibt, der 100 % wassergesättigt ist, halte ich persönlich es für nicht vertretbar, die Salzkonzentration auf die Bodenlösung zu beziehen, sondern als Bezugsgröße 100 g trockenen Boden zu wählen. Eine spätere Untersuchung (1978) hat in 180 Proben gezeigt, daß der Salzgehalt der standortfrischen Proben einen gleichen Kurvenverlauf mit geringer Phasenverschiebung aufweist, so daß die Bestimmung des Salzgehaltes an standortfrischen Proben durchaus orientierende Ergebnisse mit hinreichender Genauigkeit liefert.

Abb. 103: Lage der Probestellen in der Karte

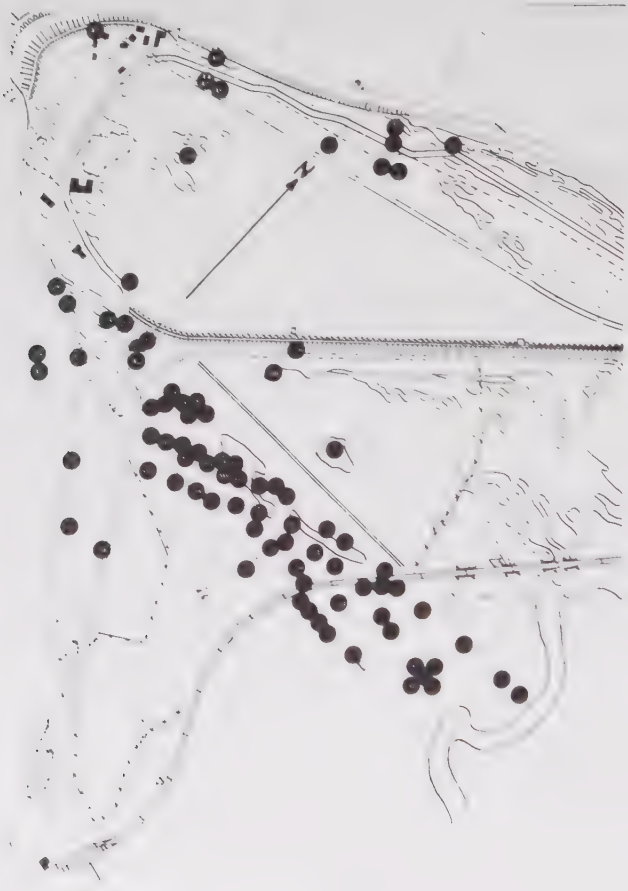


Tabelle 7/1: [illegible]

[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	1		x												
[illegible]	4	1	x	x		x									
[illegible]	x		x	x	x	x	1								
[illegible]	x		x	x		x	x	x							
[illegible]	x														
[illegible]			1	x	x		x			x					
[illegible]				x	x										
[illegible]				x	x					x		x	x	x	
[illegible]					x			x/1	1						
[illegible]					x		x								
[illegible]						x									
[illegible]		1					2			x		x		x	
[illegible]							1			x					
[illegible]							1	x	x	x					
[illegible]								1	2	2	1	1/3	1	x	
[illegible]								1	2	4					
[illegible]								1	1	2	1	x	1	1	1
[illegible]								x		x				x	
[illegible]									1	2		x	x	x	
[illegible]									1	1					
[illegible]										x	x		x	x	
[illegible]										x	1	1			
[illegible]										1					
[illegible]										x			1		
[illegible]										x					
[illegible]											4				
[illegible]												x		1	2
[illegible]							1						1		x
[illegible]					x								2	x	
[illegible]													x	x	x
[illegible]															
[illegible]	7,42	8,55	7,46	7,25	8,75	7,36	7,25	8,76	8,58	7,51	8,67	8,5	8,26	8,87	8,27	7,5
[illegible]	8,52	8,55	7,22	8,86	8,71	8,75	8,69	7,76	6,86	6,39	6,16	6,72	6,66	6,38	6,18	6,56
[illegible]	[illegible]	[illegible]	2,14	2,75	2,25	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	4,76	5,7	6,42	2,52	2,52	2,19	1,1	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8

Tabelle 7/2: Ergebnisse der Varianzanalysen zu Tabelle 7/

[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]

[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]

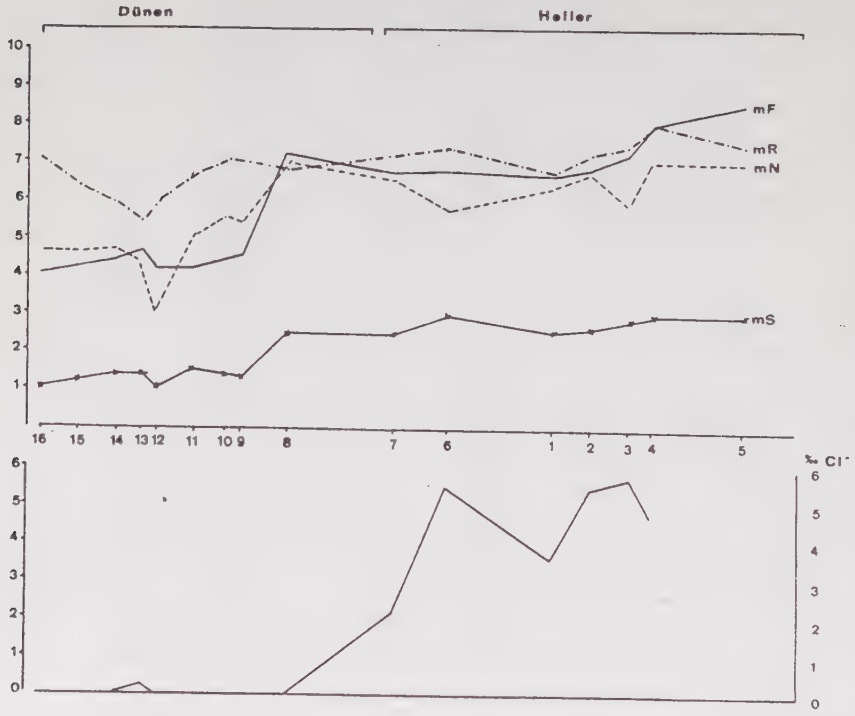
x [illegible] [illegible] [illegible] [illegible]

Tabelle 75: Ergebnisse der Bodenuntersuchungen Wangerooge X/77

Nr.	mg Cl^-/100 g	pH(H_2O)	LF µS	Vegetation/Veg.-Aufnahme-Nr.
1	38,084	6,95	830	Nähe westl. Düne
2	19,042	6,1	45	kl. Erhebung Heller, Pucc. dist. 4
3	19,042	7,0	389	Dünen, Honckenya pepl. 2
4	47,605	6,5	169	KM 24, Artem. 1-2, Tripl.1, Pucc.mar.5
5	19,042	5,7	26	Weißdüne ohne Bewuchs
6	19,042			Weißdüne sw Watt, Ammophila 3-4
7	171,378			Strand hinter Spülsaum ohne Bewuchs
8	647,428			Bahndamm KM 24, Limonium
9	418,924			Spülstelle Dünen ohne Bewuchs
10	323,714			KM 24, Halimione port.
11	19042,000	7,4	42000	Meerwasser, 19g/l Cl^-, 31,146 g NaCl 3
12	495,092			
13	542,698	6,6	1540	VA-Nr. 80
14	0,000	7,2	189	VA-Nr. 86
15	218,983	6,6	177	VA-Nr. 85
16	552,219	7,4	1780	VA-Nr. 84
17	476,051	6,8	1440	VA-Nr. 82
18	361,800	6,9	900	VA-Nr. 79
19	571,260	7,4	2150	VA-Nr. 81
20	0,000	7,2	200	VA-Nr. 93
21	9,520	6,9	212	VA-Nr. 89
22	9,52	6,8	189	VA-Nr. 90
23	9,52	6,9	228	VA-Nr. 88
24	0,00	6,9	206	VA-Nr. 92
25	19,04	7,1	206	VA-Nr. 94
26	19,04	7,1	202	VA-Nr. 91
27	0,00	7,2	208	VA-Nr. 87
31	407,80	6,76	1200	
32	372,33	7,05	1020	VA-Nr. 95
33	354,60	6,6	1000	
34	478,71	7,21	1300	
35	372,33	7,28	1050	VA-Nr. 96
36	265,95	6,9	970	
37	372,33	6,1	1150	
38	390.06	6,2	1100	VA-Nr. 97
39	319,14	6,0	900	
40	319,14	5,8	950	
41	319,14	5,8	930	VA-Nr. 98
42	443,25	6,0	1000	
43	372,33	6,2	1150	
44	283,68	6,2	900	VA-Nr. 99
45	319,14	6,2	870	
46	319,14	5,7	930	
47	514,17	6,7	1330	VA-Nr. 100
48	319,14	6,5	980	
49	567,36	7,3	1660	
50	407,79	6,8	1100	VA-Nr. 101
51	540,77	6,9	1540	
52	638,28	6,6	1780	
53	372,33	7,0	1100	VA-Nr. 102
54	301,41	7,0	930	
55	354,60	7,3	900	
56	345,74	7,0	900	VA-Nr. 103
57	203,90	6,7	520	

Nr.	mg Cl^-/100 g	pH(H_2O)	LF µS	Vegetation/Veg.-Aufnahme-Nr.
58	443,25	6,9	1360	
59	390,06	6,8	1050	VA-Nr. 104
60	301,41	6,4	940	
61	319,14	6,6	940	
62	283,68	6,5	810	VA-Nr. 105
63	425,52	7,0	1050	
64	354,60	6,7	1100	
65	319,14	6,7	960	VA-Nr. 106
66				
67	212,76	6,5	725	VA-Nr. 107
68	301,41	6,0	890	
69	53,19	5,9	192	
70	35,46	6,7	155	
71	88,65	6,1	295	
72	230,49	6,7	620	VA-Nr. 107
73	88,65	6,6	292	
74	319,14	6,9	940	
75	177,30	8,4	570	
76				
77				VA-Nr. 107
78				
79	70,92	6,5	220	VA-Nr. 107
80	177,30	6,8	590	
81	443,25	6,0	1250	
82	230,49	6,4	720	
83	212,76	6,3	640	VA-Nr. 107
84	230,49	6,4	740	
85	248,22	6,2	630	
86	336,87	6,4	1000	
87	319,14	6,5	950	
88	283,68	6,6	920	VA-Nr. 98
89	407,79	6,6	1250	
90	18439,20	6,5	36000	Meerwasser (LF: 1:4 verd.)
91	15779,70	8,0	23100	Lagunenwasser (LF: 1:3 verd.)
92	212,76	6,6	100	
93	17,73	7,0	92	VA-Nr. 108
94	35,46	6,8	120	
95	35,46	6,7	105	
96	88,65	6,6	250	VA-Nr. 109
97	53,19	6,1	185	
97a	159,57	7,0	420	10 - 13 cm Tiefe
98	17,73	7,0	90	
99	26,6	6,5	82	VA-Nr. 110
100	35,46	6,7	91	
101	17,73	6,7	78	
102	53,19	6,8	165	VA-Nr. 111
103	35,46	6,5	105	
104	336,87	6,0	790	
105	248,22	6,0	720	VA-Nr. 112
106	248,22	6,9	730	
107	44,33	6,6	86	
108	35,46	6,1	67	VA-Nr. 113
109	35,46	6,1	65	
110	35,46	6,0	105	
111	35,46	6,0	65	VA-Nr. 114
112	35,46	6,0	65	
113	35,46	5,9	50	VA-Nr. 115
114	17,73	6,0	43	
115	35,46	6,0	50	
116	35,46	6,1	62	
117	35,46	5,8	43	VA-Nr. 115
118	35,46	6,1	59	
119	35,46	6,3	82	
120	35,46	6,1	61	VA-Nr. 115
121	17,73	6,0	45	
122	35,46	6,1	67	
123	35,46	6,9	51	VA-Nr. 116
124	17,73	6,4	63	

Abb. 104: Ökologische Auswertung des Vegetationsprofils aus Tabelle 73 mit dem Verlauf der Bodenchloridkonzentration



Nach der Auswertung des Profils (Abb. 104) lassen sich folgende Festetellungen über die Pflanzengesellschaften des Hellers treffen:

Die Queller- und Schlickgesellschaften (Aufn.-Nr. 83, 82, 84) sowie die Übergangsgesellschaften zum Andelrasen (Aufn.-Nr. 81, 80) besiedeln salzreiche Standorte mit Konzentrationen von mehr als 4,5 ‰ Cl^- (standortfrisches Substrat).

Die Andelrasengesellschaften (Aufn.-Nr. 79, 85, 86) leben auf erhöhtem und daher salzärmerem, ausgesüßtem Substrat mit Konzentrationen von 1 - 4,5 ‰ Cl^- im standortfrischen Boden.

Die Dünengesellschaften besiedeln das weitgehend salzfreie oder salzarme Substrat mit Konzentrationen von 0 - 0,2 ‰ Cl^-.

5.5.2 Die Untersuchung von Einzelstandorten

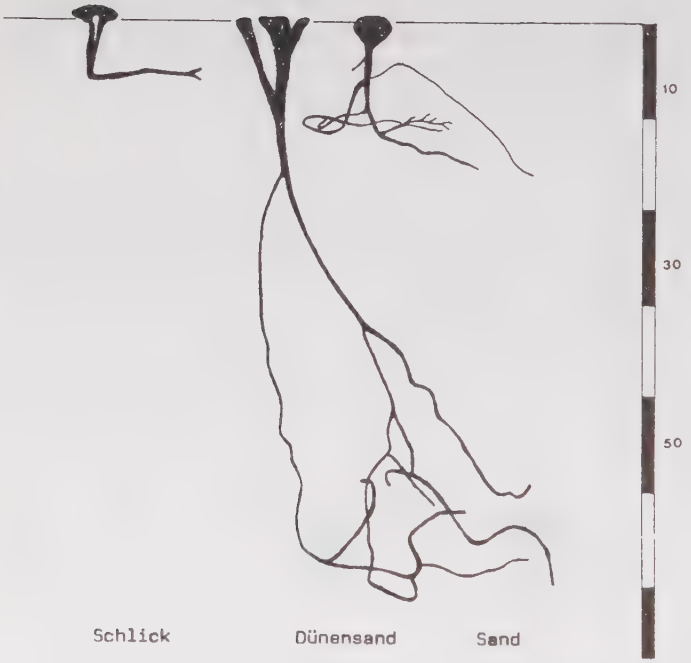
Die zeitweise heterogene Zusammensetzung der Andelrasen-Gesellschaften mit lokalen Massenvorkommen von z.B. Strand-Beifuß veranlaßte zu weiteren, gestreuten Untersuchungen des Substrates an Stellen mit morphologisch auffälliger Vegetation. Daher wurden an 24 weiteren Stellen Bodenproben entnommen sowie Vegetationsaufnahmen gemacht. Bei diesen Spezialuntersuchungen wurde allerdings differenziert: die Bodenproben wurden in drei Tiefenbereichen untersucht:

0 - 5 cm Tiefe
6 - 10 cm Tiefe
11 - 20 cm Tiefe

Die Pflanzen des Hellers (sowie auch der Dünen) haben unterschiedliche Wurzelwerke und besiedeln dementsprechend verschiedene Bodentiefen, wobei der Salzgehalt des entsprechenden Tiefenbereiches für die Wasseraufnahme von besonderer Bedeutung ist (Abb. 105 und 106).

Abb. 105: Wurzelwerk von Limonium vulgare auf verschiedenen Substraten

Abb. 106: Wurzelwerk von Plantago maritima auf verschiedenen Substraten



In der Karte (Abb. 103) sind die Probeentnahmestellen (95 - 116) eingetragen. Die folgenden Tabellen (76a und b) stellen die Vegetationsaufnahme-Tabellen dar, die Auswertung der Bodenproben mit den zugehörigen Vegetationsaufnahmen ist aus Tabelle 75 ersichtlich.

Tabelle 76a: Vegetationsaufnahme-Tabelle des Hellers

Art/Lfd.-Nr.	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109
Limonium vulgare			3		+	4	2	+1	+	1	0	+		
Puccinellia maritima		+			5	34		5	5	3	0	5		
Halimione portulacoides					+	3			+	5	0			
Suaeda maritima					+	+								
Salicornia europaea	0	+	12	1	34	2	+1				0			
Hieracium umbellatum														
Galium mollugo														
Armeria maritima								+	+			+		1
Artemisia maritima									1	+		4	1	1
Spartina townsendii		5	+1	5	+									
Triglochin maritimum						1								
Plantago maritima						1		1		+				
Juncus maritimus														
Juncus gerardii								12						
Honckenya peploides														
Sonchus arvensis														
Grünalgen			5	3			5							
Agropyron junceum													5	
Puccinellia distans														5
Cerastium fontanum													+	
Artenzahl:	1	3	4	3	6	7	3	5	5	5	4	4	3	3
Aster tripolium						+								
Spergularia marina						r								
Atriplex litoralis													+	

Tabelle 76b: Vegetationsaufnahme-Tabelle der Dünen

Art/Lfd.-Nr.	95	110	111	112	113	114	115a	115b	115c	116
Armeria maritima			1		+					
Galium mollugo					1	1				
Halimione portulacoides		r	r							
Agropyron junceum		3								
Lotus corniculatus			2		+					
Linaria vulgaris					+					
Moose		4	2		3	12		0		
Puccinellia distans		0	4							
Ammophila arenaria		5			3	2	0	0	0	3
Elymus arenarius		0						0		1
Cladonia rangiferina					23					
Cladonia pyxidata					+					
Peltigera					+					
Cerastium fontanum			1		+					
Carex arenaria					12	2				
Sedum acre			3		2					
Corynephorus canescens					1					
Hippophae rhamnoides						23				
Oenothera parvifl. amm.								0	0	0
Sonchus arvensis										
Honckenya peploides					+			0	0	
Viola tricolor arenaria										
Festuca rubra					3					
Agrostis canina			1							
Atriplex hastata		0								
Hypochoeris radicata		+								

In den folgenden Tabellen (77a - 77f) werden die Bodenproben mit den Nummern 17 - 40 (lfd. Nr. wie bei den Aufnahmen) nach ihrem ermittelten Salzgehalt geordnet. Da bei der Vegetationsaufnahme Nr. 20 an zwei verschiedenen Stellen Bodenproben entnommen wurden, gibt es zwei Bodenproben mit der Nr. 20. Um sie besser zu unterscheiden, wird im folgenden eine der beiden mit einem * gekennzeichnet.

Tabelle 77a: Anordnung der Veg.-Aufnahmen nach der Bodensalzkonzentration in 0 - 5 cm Tiefe

mgCl/100g	>600	>550	>500	>450	>400	>350	>300	>250	>200	>150	>100	≥ 50	<50
	24	23		18	26	19	22		30				35
					17	21	20*						31
						25	27						38
						28	20						36
							34						40

Tabelle 77b: Anordnung der Veg.-Aufnahmen nach der Bodensalzkonzentration in 6 - 10 cm Tiefe

mgCl/100g	>600	>500	>500	>450	>400	>350	>300	>250	>200	>150	>100	≥ 50	<50
			22		23	19	20*	20	29			31	30
						17	25	21	34			33	32
						18	28	27					35
						24							36
						26							37
													38
													39
													40

Tabelle 77c: Anordnung der Veg.-Aufnahmen nach der Bodensalzkonzentration in 11 - 20 cm Tiefe

mgCl/100g	> 600	> 550	>500	>450	> 400	> 350	> 300	> 250	> 200	≥ 150	> 100	> 50	< 50
			23		20*	17	19	18	25			31	30
					20		21		34				32
					27		22						33
							24						35
							26						36
							29						37
													38
													39
													40

Tabelle 77d: Vorkommen der Pflanzenarten nach der Bodensalzkonzentration in 0 - 5 cm Tiefe

	mgCl/100g									
	>600	>550	>500	>450	>400	>350	>300	>250	>200	<50
1. Limonium vulgare	x	x			x	x	x			
2. Chlorophyta	x					x	x			
3. Salicornia europaea	x	x		x		x	x			
4. Halimione portulacoides		x			x	x	x			x
5. Puccinellia maritima		x			x	x	x			
6. Plantago maritima		x				x	x			
7. Triglochin maritima		x								
8. Suaeda maritima		x					x			
9. Aster tripolium		x								
10. Artemisia maritima		x			x		x		x	
11. Armeria maritima					x	x				x
12. Juncus bufonius						x				
13. Spartina townsendii						x	x			
14. Juncus maritimus							x			
15. Agropyron junceum									x	x
16. Bryophyta									x	x
17. Cerastium fontanum									x	x
18. Atriplex littoralis									x	
19. Peltigera spec.										x
20. Corynephorus canescens										x
21. Honkenya peploides										x
22. Linaria vulgaris										x
23. Ammophila arenaria										x
24. Cladonia rangiferina										x
25. Cladonia pyxidata										x
26. Elymus arenarius										x
. Sedum acre										x
. Galium mollugo										x
. Lotus corniculatus										x
. Carex arenaria										x
. Festuca spec.										x
. Puccinellia distans										x
. Oenothera parviflora										x
. Hippophae rhamnoides										x
. Hypochoeris radicata										x
. Agrostis canina										

Tabelle 77e: Vorkommen der Pflanzenarten nach der Bodensalzkonzentration in 6 – 10 cm Tiefe

	mg Cl/100g									
	> 500	...	> 400	> 350	> 300	> 250	> 200	...	> 50	< 50
1. Limonium vulgare	x		x	x	x	x	x			
2. Chlorophyta				x	x	x				
3. Salicornia europaea	x		x	x	x	x				
4. Halimione portulacoides	x		x	x	x				x	
5. Puccinellia maritima	x		x	x	x		x			
6. Plantago maritima			x		x					
7. Triglochin maritima			x							
8. Suaeda maritima	x		x							
9. Aster tripolium			x							
10. Artemisia maritima				x			x		x	x
11. Armeria maritima				x	x		x		x	x
12. Juncus bufonius					x					
13. Spartina townsendii	x		x	x	x					
14. Juncus maritimus							x			
15. Agropyron junceum										x
16. Bryophyta									x	x
17. Cerastium fontanum									x	x
18. Atriplex littoralis										x
19. Peltigera spec.										x
20. Corynephorus canescens										x
21. Honkenya peploides										x
22. Linaria vulgaris										x
23. Ammophila arenaria										x
24. Cladonia rangiferina										x
25. Cladonia pyxidata										x
26. Elymus arenarius										x
27. Sedum acre									x	x
28. Galium mollugo										x
29. Lotus corniculatus									x	x
30. Carex arenaria										x
31. Festuca spec.										x
32. Puccinellia distans									x	
33. Oenothera parviflora										x
34. Hippophae rhamnoides										x
35. Hypochoeris radicata										x
36. Agrostis canina									x	

Tabelle 77f: Vorkommen der Pflanzenarten nach der Bodensalzkonzentration in 11 – 20 cm Tiefe

	mgCl/100g									
	> 500	> 450	> 400	> 350	> 300	> 250	> 200	> 150	...	< 50
1. Limonium vulgare	x		x		x	x				
2. Chlorophyta			x		x					
3. Salicornia europaea	x		x		x	x				
4. Halimione portulacoides	x		x		x					x
5. Puccinellia maritima	x		x		x	x				
6. Plantago maritima	x		x			x				
7. Triglochin maritima	x									
8. Suaeda maritima	x				x					
9. Aster tripolium	x									
10. Artemisia maritima			x		x			x		x
11. Armeria maritima					x	x		x		x
12. Juncus bufonius						x				
13. Spartina townsendii			x		x					
14. Juncus maritimus							x			
15. Agropyron junceum										x
16. Bryophyta										x
17. Cerastium fontanum										x
18. Atriplex littoralis										x
19. Peltigera spec.										x
20. Corynephorus canescens										x
21. Honkenya peploides										x
22. Linaria vulgaris										x
23. Ammophila arenaria										x
24. Cladonia rangiferina										x
25. Cladonia pyxidata										x
26. Elymus arenarius										x
27. Sedum acre										x
28. Galium mollugo										x
29. Lotus corniculatus										x
30. Carex arenaria										x
31. Festuca spec.										x
32. Puccinellia distans								x		x
33. Oenothera parviflora										x
34. Hippophae rhamnoides										x
35. Hypochoeris radicata										x
36. Agrostis canina										x

Mit Hilfe der Tabellen 77d – f lassen sich die aufgezählten Pflanzen nach dem ermittelten Salzgehalt des Bodens, auf dem sie vorkommen, ordnen und in sieben verschiedene Gruppen einteilen (Tab. 78).

Tabelle 78: Salzamplituden verschiedener Inselpflanzenarten

1.Gruppe : Vorkommen bei 0 – 50 mg Cl^-/ 100 g frischem Boden

1) Peltigera spec.
2) Corynephorus canescens
3) Honckenya peploides
4) Linaria vulgaris
5) Ammophila arenaria
6) Cladonia rangiferina
7) Cladonia pyxidata
8) Galium mollugo
9) Carex arenaria
10) Festuca rubra
11) Oenothera ammophila
12) Hippophae rhamnoides
13) Hypochoeris radicata

2.Gruppe: Vorkommen bei 0 – 100 mg Cl^-/ 100 g frischem Boden

1) Elymus arenarius
2) Sedum acre
3) Lotus corniculatus
4) Agrostis canina

3.Gruppe: Vorkommen bei 0 – 250 mg Cl^-/ 100 g frischem Boden

1) Agropyron junceum
2) Bryophyta (Moose)
3) Cerastium fontanum
4) Atriplex littoralis
5) Puccinellia distans

4.Gruppe: Vorkommen bei 200 – 350 mg Cl^-/ 100 g frischem Boden

1) Juncus maritimus

5.Gruppe: Vorkommen bei 0 – 450 mg Cl^-/ 100 g frischem Boden

1) Armeria maritima
2) Juncus gerardii

6.Gruppe: Vorkommen bei 250 – 550 mg Cl^-/ 100 g frischem Boden

1) Spartina townsendii

7.Gruppe: Vorkommen bei 200 – 650 mg Cl^-/ 100 g frischem Boden

1) Limonium vulgare
2) Chlorophyta (Grünalgen)
3) Salicornia europaea
4) Halimione portulacoides
5) Puccinellia maritima
6) Plantago maritima
7) Triglochin maritima
8) Suaeda maritima
9) Aster tripolium
10) Artemisia maritima

Tabelle 79: Vergleich der Salzamplituden mit den Zeigerwerten nach ELLENBERG 1974

			L	T	K	F	R	N	ZW ELLENBERG
1. Gruppe:	Peltigera spec.	bis 0,5 ‰ (standortfrische Proben)							
	Corynephorus canescens	bis 0,5 ‰	8	6	5	3	3	2	-
	Honckenya peploides	bis 0,5 ‰	9	x	x	6=	7	7	II
	Linaria vulgaris	bis 0,5 ‰	8	5	5	3	7	3	-
	Ammophila arenaria	bis 0,5 ‰	9	6	3	4	7	5	I
	Cladonia rangiferina	bis 0,5 ‰							-
	Cladonia pyxidata	bis 0,5 ‰							-
	Galium mollugo	bis 0,5 ‰	7	x	3	5	x	x	-
	Carex arenaria	bis 0,5 ‰	7	x	2	4	2	2	-
	Oenothera ammophila	bis 0,5 ‰	8	6	2	3	x	3	I
	Hippophae rhamnoides	bis 0,5 ‰	9	5	6	4~	8	2	-
	Hypochoeris radicata	bis 0,5 ‰	8	5	3	5	4	3	-
2. Gruppe:	Elymus arenarius	bis 1,0 ‰ (standortfrische Proben)							I
	Sedum acre	bis 1,0 ‰							-
	Lotus corniculatus	bis 1,0 ‰							I
	Agrostis canina	bis 1,0 ‰							-
3. Gruppe:	Agropyron junceum	bis 2,5 ‰ (standortfrische Proben)							II
	Cerastium fontanum	bis 2,5 ‰ (standortfrische Proben)							-
	Atriplex litoralis	bis 2,5 ‰ (standortfrische Proben)							
	Puccinellia distans	bis 2,0 ‰ (standortfrische Proben)							II
4. Gruppe:	Juncus maritimus	2,0 - 3,5 ‰ (standortfrische Proben)							
5. Gruppe:	Armeria maritima	0,5 - 4,5 ‰ (standortfrische Proben)							I
	Juncus gerardii	2,5 - 4,0 ‰ (standortfrische Proben)							
6. Gruppe:	Spartina townsendii	2,5 - 5,5 ‰ (standortfrische Proben)							III
7. Gruppe:	Limonium vulgare	2,0 - 6,5 ‰ (standortfrische Proben)							III
	Salicornia europaea	2,5 - 6,5 ‰ (standortfrische Proben)							III
	Halimione portulacoides	0 - 6,0 ‰ (standortfrische Proben)							III
	Puccinellia maritima	2,0 - 6,0 ‰ (standortfrische Proben)							III
	Plantago maritima	2,5 - 6,0 ‰ (standortfrische Proben)							II
	Triglochin maritima	4,0 - 6,0 ‰ (standortfrische Proben)							II
	Suaeda maritima	3,0 - 6,0 ‰ (standortfrische Proben)							III
	Aster tripolium	4,0 - 6,0 ‰ (standortfrische Proben)							II
	Artemisia maritima	0 - 6,0 ‰ (standortfrische Proben)							I

Auswertung der Untersuchungen:

Viele Arten, deren Zeigerwerte in ELLENBERG (1974) keine Angeben über die Salzzahl enthalten, erweisen sich (vorläufig) als salzertragend (Salzzahl I - 1. Gruppe), evtl. auch als salzzeigend (Salzzahl II - 3. - 5. Gruppe) oder als stets salzzeigend (Salzzahl III - 6. und 7. Gruppe) (Tabelle 79).

Da die Untersuchungen nur mit standortfrischen Proben durchgeführt wurden, können die Ergebnisse leider noch nicht mit in der Literatur angegebenen verglichen werden. Eine intensive Untersuchung mit trockenen Bodenproben (incl. Bodenwasserbestimmung) würde gewiß zu deutlicheren, vergleichbaren Ergebnissen führen*. Für die Zwecke dieser Arbeit reichten die ermittelten Ergebnisse allerdings aus (die Untersuchung mit trockenem Boden kann nur höhere Werte liefern); sie zeigen, daß vermutlich mehr Pflanzenarten als bisher bekannt mit dem Salz als Standortfaktor existieren und unter besonderen Umständen ihre physiologisch-ökologische Amplitude erweitern können.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß die Untersuchungen zum Bodensalzgehalt und zur Zeigerfunktion der Pflanzen zum Bodensalzgehalt eine größere Anzahl von Pflanzenarten ergaben, die in bestimmten Bereichen der Bodensalzkonzentration der Insel Wangerooge existieren.

Das Westende der Insel Wangerooge bietet für diese Untersuchungen besonders günstige Verhältnisse, da der Westen, besonders im Winter, häufig durch Sturmfluten (mündliche Mitteilung der Familie WUCKE, Wangerooge) überschwemmt wird, wobei der Boden mit Salz angereichert wird und damit die ökologischen Standortverhältnisse erheblich beeinflußt werden.

*) Diese 1978 durchgeführten Untersuchungen bestätigen diese angeführten Ergebnisse, die Untersuchungen konnten aber aus zeitlichen Gründen nicht mit einbezogen werden.

5.6 Untersuchungen zum Salzgehalt der Pflanzen bei verschiedenen Bodensalzgehalten

5.6.1 Untersuchungen zum Salzgehalt der Pflanzen

Die Pflanzenarten der salzreichen Standorte haben, wie bereits erwähnt, mit dem höheren osmotischen Wert*des Bodens zu kämpfen. Ein salzreiches Substrat hält das Bodenwasser fester als salzarmes. Da die Pflanzen jedoch viel Wasser benötigen (der Queller z.B. transpiriert sehr viel Wasser, vgl. WALTER 1960), müssen sie ihren eigenen osmotischen Wert erhöhen, um Wasser ohne nennenswerten Energieaufwand ("aktiver Transport") aufnehmen zu können. Über viele Pflanzen extremer Salzstandorte ist bekannt, daß sie aufgenommene Salzionen (besonders Chloride) im Zellsaft der Zellen speichern, um so ihren osmotischen Wert zu erhöhen.

Die dauernde Zunahme der Salzionen, die mit dem Wasser aufgenommen werden, muß die Pflanze allerdings ausgleichen, da Chloride im Überfluß schädigend auf das Plasma wirken.

WALTER (1960) unterscheidet 3 Typen von Halophyten (nach ihrer Salzkompensation):

a) die absalzenden Pflanzen mit speziellen Drüsenzellen, durch die überschüssiges Salz nach außen abgeschieden wird

b) die kumulierenden Pflanzen, die dauernd Salze aufnehmen und speichern müssen, bis sie an "Salzvergiftung" absterben

c) die regulierenden Pflanzen, die die dauernd aufgenommenen Salze durch verstärkte Wasserspeicherung kompensieren (sukkulente Pflanzen).

Die Untersuchungen von Pflanzenasche liefert Angaben über den Salzgehalt der Pflanzen (Tabelle 80) und damit über den osmotischen Zustand der Pflanzen. Die sonst übliche Ermittlung des osmotischen Wertes der Pflanzen durch Zellsaftuntersuchung mit Hilfe der kryoskopischen Methode ist für Kurszwecke meines Erachtens zu aufwendig und für die Fragestellung des Kurses meist unerheblich. Die hier vorgestellten Ergebnisse wurden mit einfachen Methoden erzielt und liefern recht brauchbare Ergebnisse zur Frage, wieviel Salz die Halophyten (und andere Pflanzen verschiedener Standorte) im Organismus gespeichert haben.

*) osmotischer Wert = osmotische Saugkraft der Bodenlösung

Tabelle 80: Untersuchungen des Salzgehaltes der Inselpflanzen von Wangerooge am 17./22.2.1978

Pfl.-Art	Teil	Einwaage (mg)	Org.-Subst. (%)	Anorg.-Subst. (%)	Asche-Cl (%)	Total-Cl (%)
Halimione	total	839	88	12	31.9	1,08
Spartina	total	3490	87,4	12,6	21,5	2,72
Honckenya	Blätt.	443	89,2	10,8	10,85	1,18
Salicornia	total	920	60,65	39,35	12,2	4,8
Suaeda	total	1345	76	24	32,71	7,88
Carex aren.	total	1850,5	91,5	8,5	3,3	0,281
Limonium	total	1984	94,5	5,5	16,1	0,893
Ammophia	total	2592	94,7	5,3	1,3	0,067
Agropyron	total	372	92,7	7,3	2,6	0,188
Lotus corn.	total	419	92,8	7,2	39,4	2,818
Artemisia	total	2026	90,1	9,9	26,1	2,573
Armeria	total	675	75,7	24,3	3	0,721
Honckenya	total	7087	77,4	22,6	10,8	1,727
Plantago	total	350	83,1	16,9	20	3,377
Cakile	total	816	87,8	12,2	16,3	2,001
Halimione	total	380	79,7	20,3	30,7	6,218
Artemisia	total	396	84,9	15,1	17,95	2,72
Halimione	total	589	94,9	5,1	22,3	1,138
Limonium	Blüte	1770	76,95	23,05	0,4	0,09
	Blätt.	692	82,66	17,34	6,3	1,098
	Wurzel	1693	91,26	8,74	10,7	0,942
	total	4155	83,73	16,27	3,76	0,606
Limonium	Blätt.	1705	85,8	14,2	0,6	0,083
	Wurzel	6800	84,15	15,85	2,1	0,334
	total	8505	84,5	15,5	1,8	0,284
Limonium	Blätt.	3368	92,6	7,4	2,85	0,21
	Wurzel	8385	92,98	7,02	4,22	0,296
	total	11753	92,88	7,12	3,81	0,272
Honckenya	Blätt.	2054	75,6	24,4	11,2	2,728
	Früht.	60	68,3	31,7	3,74	1,183
	Steng.	4539	92,97	7,03	9,9	0,695
	total	8653	67,2	32,8	10,5	1,02
Senecio	total	373	70,25	29,75	3,2	0,95
Trifolium	total	209	93,3	6,7	15,2	1,02
Rumex	Wurzel	8870	80,62	19,38	2,5	0,488

Zusammenfassende Übersicht über den Chloridgehalt der Pflanzen und Standorte

Art	% Cl^- Gesamtgewicht	Standortwerte (‰ Cl^-)
Spartina townsendii	2,72	5,2
Honckenya peploides	1,2	0,1
	1,7	0,2
Halimione portulacoides	1,1	2,2
	6,2	5,5
Salicornia europaea	4,8	3,5
Suaeda maritima	7,9	5,2
Limonium vulgare	0,9	3,0
	0,6	2,1
	0,3	2,1
Ammophila arenaria	0,07	0,0
Agropyron junceum	0,2	0,2
Lotus corniculatus	2,8	0,1

Um weiteren Aufschluß über das Adaptationsvermögen einiger Halophyten zu erlangen, wurden einige Arten (Tabelle 81) von den genannten Standorten entnommen und in "Kultur" gehalten; die Bewässerung erfolgte mit Meerwasser (fertige Salzmischung für Seewasseraquarien).

Nach dem Absterben der Pflanzen wurde die Chloridbestimmung der Asche durchgeführt. Die Ergebnisse sind aus Abb. 107 und Tabelle 81 ersichtlich.

Tabelle 81: Ergebnisse der Kulturversuche

Pfl.-Art	Teil	Einwaage (mg)	Org.-Subst. (%)	Anorg.-Subst. (%)	Asche-Cl (%)	Total-Cl (%)
Leontodon*	total				18,5	9,256
Leontodon**	total	5056	47,75	52,25	0,37	0,196
Galium moll.	total	22	99,9	9,1	17,5	1,591
Halimione***	Blatt.	2159	69,7	30,3	35,5	10,756
	Steng.	3256	78,9	21,1	27,66	5,836
	total	5415	75,24	24,76	31,5	7,794
Artemisia	total	6000	77,95	22,05	18,56	4,048
Limonium	Blute	1194	66,1	33,9	26,11	8,849
Armeria	Blätt.	5504	82,23	17,77	[illegible]	6,242
Salicornia	total	86	70,93	29,07	45,4	13,196
Suaeda	total	126	73,02	26,98	44,85	16,576

Gießwasser : 12857,8 mg Cl/l ≙ 1,28 ‰

Standwasser: 19460,5 mg Cl/l ≙ 1,94 ‰ im Glasbecken
44325 mg Cl/l ≙ 4,43 ‰ im Plastikbecken

*) langwurzelig **) kurzwurzelig ***) Experimentalpflanzen im Gießversuch

Tabelle 82: Ergebnisse der Kulturversuche einiger Halophyten im Vergleich mit den natürlichen Standortwerten

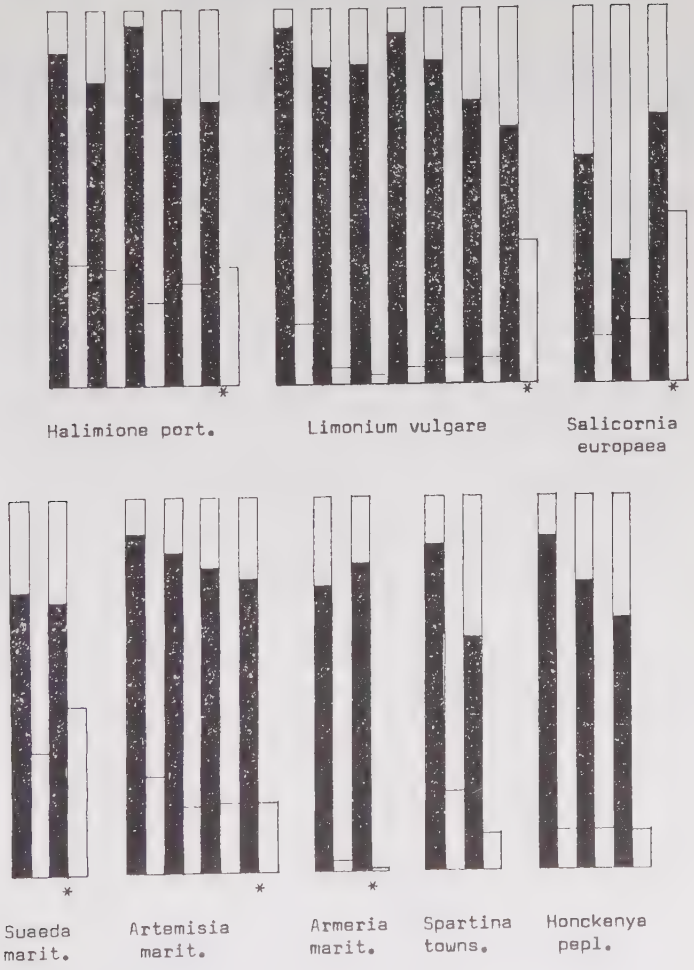
Art	Gesamtgewicht % Cl^- Gelände	% Cl^- Kultur	standortfrischer Boden ‰ Cl^- Gelände	‰ Cl^- Kultur
Halimione portulacoides	1,1 6,2	7,8	2,2 5,5	25,5
Artemisia maritima	2,6	4,05	2,2	25,5
Limonium vulgare	0,6 0,9	8,9	2,1 3,0	25,5
Armeria maritima	0,7	0,2	0,0	25,5
Salicornia europaea	4,8	13,2	3,6	25,5
Suaeda maritima	7,9	16,6	5,2	25,5

Die Tabelle zeigt eine mehr oder weniger deutliche Zunahme der Gesamtsalzgehalte aller Pflanzen außer der Strandnelke (Armeria maritima).

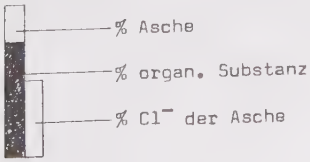
Auswertung der Tabellen:

Grundsätzlich kann festgestellt werden, daß die meisten Pflanzenarten des Hellers bzw. des Watts entsprechend ihrem Standort und dem dort vorherrschenden Salzgehalt einen äquivalenten Salzgehalt in ihren Organen aufweisen. Eine zunehmende Bodenversalzung zeigt eine zunehmende Salzanreicherung in den Pflanzen (Tabelle 81 und 82 sowie Abb. 107), was besonders durch die Kulturversuche deutlich wird. Die echten Halophyten (Salicornia europaea, Suaeda maritima), sowie Limonium vulgare zeigen im Versuch eine deutliche Zunahme der Chloride in der Asche (Abb. 107); andere Hellerpflanzen wie z.B. Halimione portulacoides, Artemisia maritima und Armeria maritima hingegen zeigen keine Zunahme des Asche-Chlorid-Gehaltes; die Ursache hierfür wurde nicht gefunden.

Abb. 107: Übersicht über die Asche-Analysen der Inselpflanzen im Vergleich mit den Versuchspflanzen



Die mit einem * gekennzeichneten Arten sind Versuchspflanzen.



5.6.2 Untersuchungen zum Salzgehalt in verschiedenen Pflanzenorganen

Eine weitere Untersuchung frischen Materials 1978 ergab die folgenden Werte (Tabelle 83) über die Verteilung des Chlorids innerhalb der Pflanzenorgane.

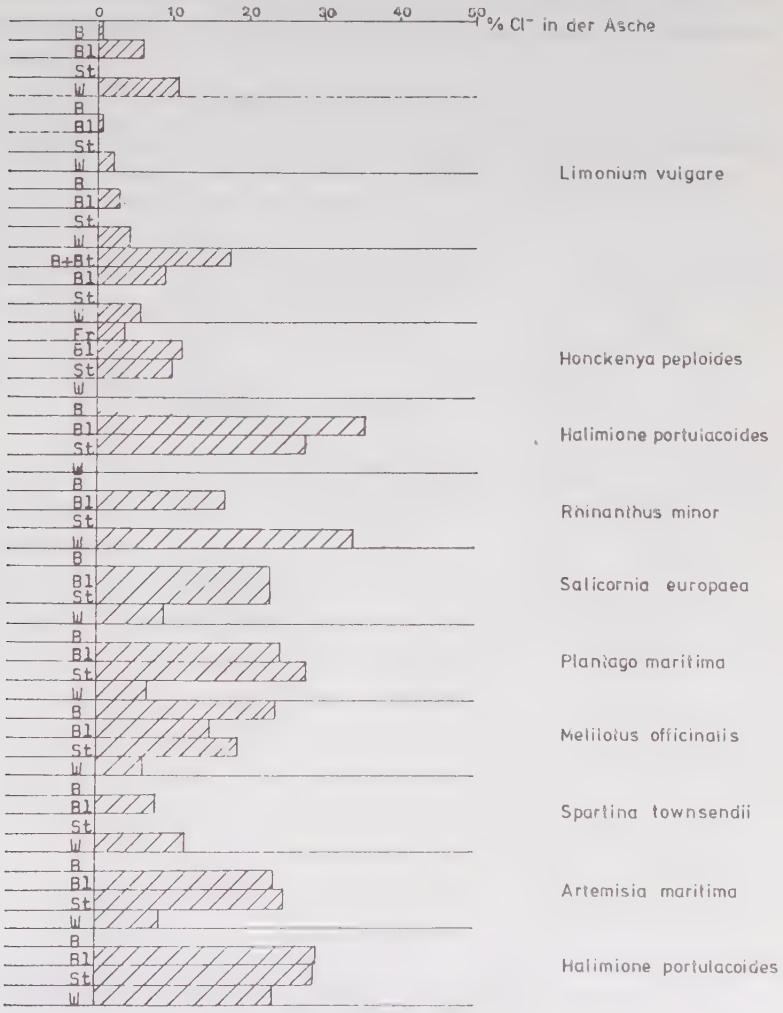
Tabelle 83: Chloriogenalt in den Pflanzenorganen verschiedener Inselpflanzen

Art		mg Cl^-/ Einwaage	Asche-Einwaage	% Cl^- Asche	Total-Einwaage	% Cl (total)
1) Rhinanthus minor	a)	24,9993	142 mg	17,6 %	391 mg	6,4
	b)	26,66592	23	100 %	139	19,18
	c)	26,66592	79	33,75	167	15,96
2) Salicornia	a+b)	178,32834	780	22,86	1268	14,06
	c)	63,33156	692	9,15	905	6,99
3) Limonium	a)	52,49853	578	9,08	1822	5,8
	b+a)	3,33324	19	17,54	167	1,99
	c)	109,99692	1933	5,69	8283	1,32
4) Juncus	a)	49,9986	192	26,04	1441	3,47
	d)	6,66648	19	35,08	207	3,22
5) Plantago	a)	214,99398	875	24,57	2649	8,12
	b+d)	24,9993	90	27,77	749	3,34
	c)	123,32988	1800	6,85	4778	2,58
6) Spergularia	a+b)	218,32722	1345	16,23	3740	5,84
	c)	36,66564	1247	2,94	2658	1,38
7) Steinkles	a)	14,99958	99	15,15	450	3,33
	b)	13,33296	67	18,89	726	1,84
	c)	9,99972	149	6,71	353	2,83
	d)	14,99958	63	23,81	390	3,85
8) Halimione	a)	428,32134	1464	29,25	4000	10,71
	b)	94,99734	330	28,78	1991	4,77
	c)	193,32792	828	23,35	5127	3,77
9) Spartina	a+b)	56,66508	722	7,85	1749	3,24
	c)	118,33302	983	12,04	2759	4,29
10) Lotus	a+b+c+d)	9,99972	79	12,66	631	1,58
11) Artemisia	a)	239,99356	918	23,51	4871	4,72
	b)	91,6641	368	24,91	3106	2,95
	c)	66,6648	765	8,71	3079	2,16

In der Tabelle bedeuten:

a = Blüte b = Blätter c = Stengel d = Wurzel

Abb. 108: Verteilung des Chlorids in den verschiedenen Pflanzenorganen



B = Blüte, Fr = Früchte, Bl = Blätter, St = Stengel, W = Wurzel

Ergebnisse:

Je nach Standort ist die Verteilung der Chloride innerhalb der Pflanze sehr verschieden; auffällig ist jedoch bei vielen Pflanzen der relativ hohe Anteil in den oberirdischen Organen (Blätter und Stiele) (Abb. 108) und daneben besonders beim Strandflieder (Limonium vulgare) der hohe Anteil an Chloriden in der Wurzel (Abb. 109).

Abb. 109: Verteilung der Chloride* bei Limonium vulgare

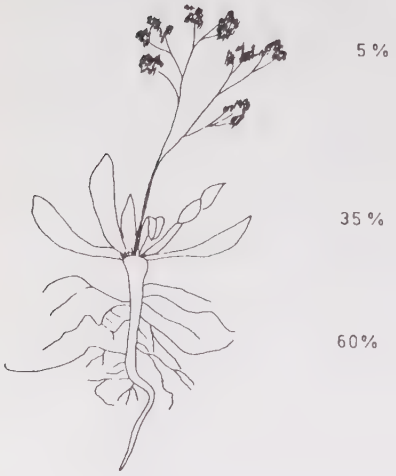


Abb. 110: Verteilung der Chloride* bei Salicornia europaea

*) Die Zahlen beziehen sich auf die Angaben der Summe aller Chloride

Bei den Untersuchungen stellte sich heraus, daß Pflanzen der trockenen, salzarmen* oder salzfreien Standorte relativ hohe Chloridkonzentrationen zeigen, z.B. Hornklee (Lotus corniculatus) und Kleiner Klappertopf (Rhinathus minor), Hasenklee (Trifolium arvense) und Wiesenlabkraut (Galium mallugo). Vermutlich hängt dieser hohe Chloridgehalt mit den Überschwemmungen zusammen.

Daneben liefert die Untersuchung eines skleromorphen Hemikryptophyten (z.B. Limonium vulgare) im Vergleich mit einem sukkulenten Therophyten (Salicornia europaea) eine vermutlich für die Lebensformen typische Verteilung der Chloride innerhalb der Pflanzen: die ausdauernden Pflanzen (Hemikryptophyten, Chamaephyten und Geophyten) zeigen relativ hohe Wurzelkonzentrationen, während die Einjährigen (Therophyten) hauptsächlich Chloride in ihren oberirdischen Organen speichern.

5.7 Weitere Arbeitsmöglichkeiten

Neben den hier aufgezeigten, teilweise speziellen Untersuchungen** werden weitere, einfache Untersuchungen angeführt bei:
PAECH/SIMONIS (1952), STEUBING (1965) .

Weitere Arbeitsvorschläge (besonders für die Schule) sind bei:
LOBECK/MEINCKE (1969) aufgeführt.

---

*) zum Zeitpunkt der Untersuchungen
**) die sich hauptsächlich für Hochschulpraktika/Exkursionen eignen

6 Exemplarische Untersuchungen im Mittelmeerraum

6.1 Vorbemerkungen

Die Untersuchung nicht bekannter Gebiete erweist sich als äußerst schwierig, wenn vegetationskundliche und standörtliche Angaben nur unzureichend zur Verfügung stehen.

In diesem Kapitel wird aufgezeigt, welche Wege beschritten werden können, um mit Hilfe fremdsprachiger Literatur, die, obwohl sie keine gebietsspezifischen Aussagen zuläßt, dennoch die pflanzensoziologisch-systematische Zuordnung der Vegetation eines eng begrenzten Gebietes ermöglicht.

Die Ergebnisse eigener Kartierung von Vegetation und Vegetationseinheiten werden verknüpft mit Literaturhinweisen, die es erlauben, eine ökologische Beurteilung von unterschiedlichen Standorten vorzunehmen.

6.2 Die Mittelmeervegetation und ihre Besonderheiten

Die Mittelmeerländer sind gekennzeichnet durch ein von Mitteleuropa erheblich abweichendes Klima, das das Vegetationsbild dieser Länder prägt.

Das Klima der Mittelmeerländer zeichnet sich durch Temperaturen aus, die im Vergleich zu Mitteleuropa sowohl im Sommer als auch im Winter höher liegen (Abb. 111 und Abb. 112).

Abb. 111: Durchschnittliche Januar-Temperaturen im Mittelmeergebiet und Mitteleuropa (aus POLUNIN/HUXLEY 1970)

Hinzu kommt ein milder, niederschlagsreicher Winter, wodurch sich eine Vegetation eingestellt hat, die besondere Anpassungserscheinungen an diese Klimaverhältnisse zeigt.

Abb. 112: Durchschnittliche Juli-Temperaturen im Mittelmeergebiet und Mitteleuropa (aus: POLUNIN/HUXLEY 1970)

Entlang der italienischen Riviera, an der auch das Untersuchungsgebiet liegt, findet man auf den Küstenfelsen eine reichhaltige, strauchreiche Vegetationsform, die von den Pflanzengeographen (u.a. ADAMOVIC 1929) als Macchie bezeichnet wird (Ableitung des Namens: macchia (italienisch) = Buschwald). Die Macchie bildet die typische Vegetation entlang (fast) aller Küsten des Mittelmeers (Abb. 113). Die Buschvegetation der Macchie ist nach ADAMOVIC (1928) eine Sukzessionsform der ehemaligen Wälder; innerhalb der Macchiengebüsche findet man häufig noch kleinwüchsige oder verkrüppelte Formen verschiedener Baumarten (Steineiche = Quercus ilex, Johannisbrotbaum = Ceratonia siliquastrum). Andererseits bilden die Macchiensträucher das Unterholz der noch intakten Waldgesellschaften, so daß die Annahme berechtigt erscheint. Andere Autoren (z.B. EBERLE 1975) haben die Macchie als eigenständigen Vegetationstyp dargestellt, was aber wahrscheinlich nicht zutrifft. Pflanzensoziologisch ist die Macchie in Italien noch nicht intensiv untersucht, jedoch scheint die Buschmacchie der Klasse der Steineichenwälder zuzuordnen zu sein (vgl. S. 300). Die Mittelmeerländer stellen klimatisch betrachtet keine eigentlichen Waldländer dar (Wald im mitteleuropäischen Sinne).

Abb. 113: Vegetationskarte Italiens nach GIACOMINI/FENAROLI
(in: Conosci L'Italia, Vol II: La Flora, Mailand 1958)

In den höheren Lagen (z.B. Seealpen) findet man Buchenwälder wie in den mitteleuropäischen Mittelgebirgen - jedoch ist das Klima in den Seealpen dem Mittelgebirgsklima ähnlich.

Der Küstensaum der Mittelmeerländer besaß früher ausgedehnte Wälder (vgl. EBERLE 1975, S. 23 f), die jedoch durch Abholzung weitflächig vernichtet wurden. Der freigelegte Boden fiel der starken Sonneneinstrahlung sowie Wind und Wasser zum Opfer. Durch Fortfall der Pflanzendecke wurde die Bodenerosion und damit verbundene Verkarstung der Küstengebiete beschleunigt. Die Buschvegetation dieser Wälder konnte sich jedoch teilweise halten, so daß das Gelände "verbuschte". Eine natürliche Verjüngung der Wälder im Schutz der

Gebüsche wurde jedoch durch Beweidung bzw. Brände unterbunden. Auch heute noch brennen die Macchiengebüsche entlang der Küste häufig ab.

Die mediterranen Laubwälder (sofern noch vorhanden) zeichnen sich aus durch zahlreiche immergrüne Bäume und Sträucher, die sogenannten Hartlaubgewächse. Diese Pflanzen besitzen besondere Anpassungserscheinungen an den Hauptstandortfaktor, die hohen Temperaturen und damit verbundene Trockenheit, aus. Ihre Blätter sind derb, ledrig und zum Teil durch Wachsüberzüge oder Behaarung gegen übermäßige Verdunstung geschützt (sogenannte xeromorphe Strukturen). Viele Kräuter und Stauden der Bodenschicht überdauern die Phasen der größten Hitze (Juni bis September) und Trockenheit in Form des "latenten Lebens", z.B. in Zwiebeln, Knollen o.ä. unterirdischen Speicherorganen (Tabelle 84), den sogenannten Geophyten (in Tabelle 84 G), oder in Form von Samen, wobei die "Mutterpflanzen" absterben, die sogenannten Einjährigen oder Therophyten (T).

Tabelle 84 : Vergleich der Lebensformenspektren verschiedener Floren (nach WALTER 1960, S. 87)

	P	Ch	H	G	Th
Gemäßigte Zone: Dänemark	7	3	50	22	18
Schweizer Mittelland	10	5	50	15	20
Pariser Becken	8	6,5	51,5	25	9
Mediterrane Zone: Italien	12	6	29	11	42
Palästina	5,5	7,5	23	13	51

Das Lebensformenspektrum ist zu interpretieren als Indikator für die klimatischen Verhältnisse.

Neben den mediterranen Laubwäldern sollen noch die Nadelwälder erwähnt werden, von denen die Aleppo-Kiefernwälder, die Strandkiefernwälder und die Pinienwälder genannt werden sollen, deren Verbreitungsgebiet ebenfalls die Küstengegenden des Mittelmeerraumes sind.

Der Aleppo-Kiefernwald ist nach EBERLE (1975) ein lichter Wald mit reichhaltigem Unterwuchs aus Sträuchern und Kräutern, unter denen viele Macchienpflanzen vertreten sind. Die Aleppo-Kiefer (Pinus halepensis) bevorzugt

trockene Kalkböden in Meeresnähe; sie verlangt gleichmäßige Temperaturen und eignet sich gut zum Aufforsten in der Ölbaumregion (bis ca. 300 m Höhe) auf trockenen Kalkböden.

Im Gegensatz zum Aleppo-Kiefernwald wächst der Sternkiefernwald mit der Sternkiefer (Pinus pinea) als Charakterart auf Silikatgestein. Sternkiefern werden daher gerne für die Aufforstung nährstoffarmer Sandböden genommen. Die Temperaturansprüche der Sternkiefer sind ebenfalls hoch (mittlere Wintertemperatur von 6°C).

Die Pinie gilt als Charakterbaum des Mittelmeergebietes; sie säumt die Küsten der Mittelmeerländer als Einzelbaum, in kleinen Hainen oder in ausgedehnten Wäldern. Die Pinie bildet dichte Kronen aus, so daß der Unterwuchs im Pinienwald lichter ist als in den anderen Nadelwäldern. Standortansprüche der Pinie: kalkreiches, sandiges, feuchtes, tiefgründiges Substrat.

Die als "Waldersatz" in Italien häufig vorzufindenden Ölbaumkulturen lassen den Eindruck entstehen, das Land sei nicht so arm. Dieser Kulturwald ist jedoch kein Wald im eigentlichen Sinne, trotzdem erscheint er typisch für das italienische Landschaftsbild.

Die Macchie als kennzeichnender Vegetationstyp stellt einen Buschwald aus 1 - 2 m hohen Sträuchern dar. Die Sträucher sind häufig immergrün und dornig; zudem können noch Lianen das Buschwerk durchziehen, so daß ein Durchdringen nur schwer möglich ist.

Die Hartlaubigkeit der Macchiensträucher hat nach EBERLE (1975) vielfach zu der Auffassung geführt, sie bildeten eine Pflanzengemeinschaft von xerophilen Arten. Die Macchien sind jedoch im Bereich der niederschlagsreichen westlichen Küsten weit und gut ausgeprägt verbreitet, während sie im niederschlagsärmeren Osten lückiger werden und auch dort auf die feuchteren Gebiete ausweichen. Im Westen ist sie entlang der Küste bis in ca. 500 m Höhe anzutreffen*.

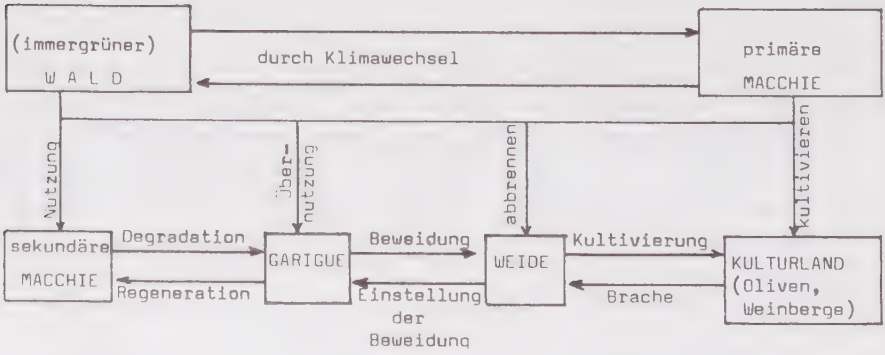
---

*) Nutzung der Macchie: Viele Macchienpflanzen liefern nützliche Produkte (nach POLUNIN/HUXLEY) wie Gummi, Harze, Gerbstoffe, Brennholz und das Holz für die Bruyere-Pfeifen (Holz der Wurzel von Baumheide - Erica arborea).

Bei ungünstigen Standortbedingungen (z.B. auf trockenem Kalk) wird die Macchie lichter und krautreicher. Verschwinden die hohen Sträucher ganz, nennt man den Vegetationsteppich Garigue, die Vegetationsformation der flachgründigen, steinig-felsigen, trockenen Böden.
Die Garigue (französisch) besteht aus Zwergsträuchern (vor allem Thymian-Arten) und vielen Geophyten sowie Therophyten. Sie entsteht häufig durch übermäßige Nutzung von Macchien und ist in Italien ebenfalls weit verbreitet. Die Pflanzen der Garigues sind häufig aromatische Pflanzen wie z.B. Thymian, Lavendel, Rosmarin, Salbei, Knoblauch und Weinraute (nach POLUNIN/HUXLEY 1968).

Neben diesen beschriebenen auffälligen Vegetationsformationen findet man (entsprechend dem Klima) sehr viele Halbtrockenrasen und Trockenrasen als auch Macchien hervorgegangener Folgevegetation. Ein Schema soll die Sukzession der Pflanzenformationen unter dem Einfluß des Menschen verdeutlichen.

Abb. 114: Schema der Sukzession von Waldgesellschaften zur Garigue unter menschlichem Einfluß (nach GIACOMINI und FENAROLI in Conosci L'Italia II, La Flora, Mailand 1958)



Die beschriebenen Tatsachen stellen Besonderheiten des Mittelmeerraumes dar; für den Mitteleuropäer erscheint es wichtig, die Folgen totaler Entwaldung großer Gebiete einmal mit eigenen Augen zu sehen und bewußt zu erleben. Neben den ökologischen Besonderheiten (Klima, Anpassungen der Vegetation an das Klima) steht der Einfluß des Menschen auf intakte Ökosysteme und irreversible Zerstörung derselben. Das Klima sorgte für die Vernichtung des Bodens und damit der Grundlage für eine Regeneration der entwaldeten Landstriche.

Literatur zur Einführung in den mediterranen Vegetationskreis:

EBERLE : Pflanzen am Mittelmeer, Frankfurt 1975
POLUNIN/HUXLEY : Blumen am Mittelmeer (Bestimmungsbuch) München 1970
GRANDJOT : Reiseführer durch das Pflanzenreich der Mittelmeerländer (SCHROEDER REISEFÜHRER Bonn 1965)
KOSMOS- Reiseführer : "Italien", Stuttgart
REISIGL/DANESCH : Mittelmeerflora (HALLWAG Taschenbuch 112)
ADAMOVIC : Die Pflanzenwelt der Adrialänder, Jena 1929
ADAMOVIC : Die pflanzengeographische Stellung und Gliederung Italiens, Jena 1933
GIACOMINI/FENAROLI : Conosci L'Italia II: La Flora (ital.) Touring Club Italiana, Mailand 1958

6.3 Übersicht über die häufigsten Pflanzengesellschaften des Mittelmeerraumes

6.3.1 Systematische Übersicht der Pflanzengesellschafts-verbände des Mittelmeerraumes

1. SÜSSWASSER- und MOORVEGETATION

KLASSEN	ORDNUNGEN	VERBÄNDE
1.1) Lemnetea	1.11) Lemnetalia	1.111) Lemnion minoris
1.3) Potamogetonetea	1.31) Potamogetonetalia	1.311) Potamogetonion 1.312) Nymphaeion 1.313) Ranunculion fluitantis
1.4) Littorelletea	1.41) Littorelletalia	1.411) Littorellion
1.5) Phragmitetea	1.51) Phragmitetalia	1.511) Phragmition 1.513) Glycerio-Sparganion 1.514) Magnocaricion elatae
1.6) Montio-Cardaminetea	1.61) Montio-Cardaminetalia	1.611) Montio-Cardaminion 1.612) Cratoneurion commutati

2. SALZWASSER- und MEERSTRANDVEGETATION

2.0) Crithmo-Staticetea	2.01) Crithmo-Staticetalia	2.011) Crithmo-Staticion
2.1) Zosteretea	2.11) Zosteretalia	2.111) Zosterion 2.112) Posidonion
2.2) Ruppietea	2.21) Ruppietalia	2.211) Ruppion maritimi
2.4) Salicornietea	2.41) Salicornietalia	2.411) Salicornion fruticosae 2.412) Thero-Suaedion 2.413) Staticion galloprovincialis
2.6) Juncetea maritimi	2.61) Juncetalia maritimi	2.611) Puccinellion maritimi 2.612) Juncion maritimi 2.613) Plantaginion crassifoliae 2.614) Trifolion maritimi
2.8) Cakiletea	2.81) Cakiletalia	2.811) Cakilion litoralis 2.812) Atriplicion litoralis
2.9) Ammophiletea	2.91) Ammophiletalia	2.911) Ammophilion 2.912) Agropyron juncei

3. KRAUTIGE VEGETATION oft gestörter Plätze

3.1) Isoeto-Nanojuncetea	3.11) Isoetetalia	3.111) Nanocyperion flavescentis 3.112) Isoetion 3.113) Preslion cervinae
3.2) Bidentetea	3.21) Bidentetalia	3.211) Bidention tripartii
3.3) Chenopodietea	3.31) Chenopodietalia	3.311) Fumario-Euphorbion 3.313) Spergulo-Oxalidion
	3.32) Eragrostietalia	3.321) Eragrostion 3.323) Chenopodion muralis
	3.33) Sisymbrietalia	3.331) Sisymbrion
	3.34) Onopordietalia	3.341) Onopordion acanthii 3.342) Dauco-Melilotion
	3.35) Paspalo-Heleochloetalia	3.351) Paspalo-Agrostidion
3.4) Secalinetea	3.41) Secalinetalia	3.411) Caucalion lappulae 3.412) Secalinion mediterraneum
	3.42) Aperetalia	3.421) Aphanion
	3.43) Lolio-Linetalia	3.431) Lolio-Linion
3.5) Artemisietea	3.51) Artemisietalia	3.511) Arction 3.512) Rumicion alpini
	3.52) Calystegio-Alliarion	3.521) Calystegion (sepii) 3.522) (Geo-) Alliarion
3.7) Plantaginetea	3.71) Plantaginetalia (majoris)	3.711) Polygonion avicularis
	3.72) Agrostietalia (stoloniferae)	3.721) Agrostion stoloniferae

4. STEINFLUREN und ALPINE RASEN

KLASSEN	ORDNUNGEN	VERBÄNDE
4.1) Cymbalario-Parietea	4.11) Parietalia muralis	4.111) Parietarion
4.2) Asplenietea rupestris	4.21) Potentilletalia caulescentis	4.211) Potentillion caulescentis
	4.22) Androsacetalia vandellii	4.221) Androsacion vandellii 4.223) Asarinion rupestre
4.4) Thlaspeetea rotundifolii	4.41) Thlaspeetalia rotundifolii	4.413) Achnatherion 4.414) Pimpinello-Gouffeion
	4.44) Epilobietalia fleischeri	4.441) Epilobion fleischeri
4.5) Salicetea herbaceae	4.51) Salicetalia herbaceae	4.511) Salicion herbaceae

5. ANTHROPO-ZOOGENE HEIDEN und WIESEN

5.1) Calluno-Ulicetea	5.11) Nardetalia	5.111) Nardion
	5.12) Calluno-Ulicetalia	5.123) Ulicion
5.2) Sedo-Scleranthetea	5.22) Corynephoretalia	5.221) Corynephorion 5.222) Thero-Airion
	5.23) Festuco-Sedetalia	5.231) Koelerion glaucae
5.3) Festuco-Brometalia	5.32) Brometalia	5.321) Bromion erecti 5.321.1) Xerobromion erecti 5.321.3) Mesobromion erecti
5.4) Molinio-Arrhenatheretea	5.41) Molinietalia	5.415) Calthion
	5.43) Holoschoenetalia	5.431) Molinio-Holoschoenion 5.432) Deschampsion mediae
	5.42) Arrhenatheretalia	5.421) Arrhenatherion 5.423) Cynosurion
5.5) Thero-Brachypodietea	5.51) Thero-Brachypodietalia	5.511) Brachypodion phoenicoidis 5.512) Thero-Brachypodion 5.513) Armerion junceae
5.6) Ononido-Rosmarinetea	5.61) Ononidetalia striatae	5.611) Genistion lobelii 5.612) Onopordion striatae
	5.62) Rosmarinetalia	5.621) Aphyllanthion 5.622) Rosmarino-Ericion
5.7) Cisto-Lavanduletea	5.71) Lavanduletalia stoechidis	5.711) Cistion laurifolii
	5.72) Helianthemetalia guttati	5.721) Helianthemion guttati

6. WALDNAHE STAUDENFLUREN und GEBÜSCHE

KLASSEN	ORDNUNGEN	VERBÄNDE
6.1) Trifolio-Geranietea	6.11) Trifolio-Origanetalia	6.111) Trifolion medii 6.112) Geranion sanguinei
6.2) Epilobietea angustifoliae	6.21) Epilobietalia angustifoliae	6.212) Atropion belladonnae 6.213) Sambuco-Salicion
6.3) Betulo-Adenostyletea	6.31) Adenostyletalia	6.311) Adenostylion alliariae

7. NADELWÄLDER und VERWANDTE GESELLSCHAFTEN

7.1) Erico-Pinetea	7.11) Erico-Pinetalia	7.111) Erico-Pinion
7.3) Vaccinio-Piceetea	7.31) Vaccinio-Piceetalia	7.312) Vaccinio-Piceion

8. LAUBWÄLDER und VERWANDTE GESELLSCHAFTEN

8.2) Alnetea glutinosae	8.21) Alnetalia glutinosae	8.211) Alnion glutinosae
8.3) Quercetea robori-petraeae	8.31) Quercetalia roboris	8.311) Quercion robori-petraeae
8.4) Querco-Fagetea	8.42) Quercetalia pubescentis	8.421) Quercion pubescentis 8.422) Orno-Ostryon
	8.43) Fagetalia	8.431) Fagion 8.433) Alno-Ulmion 8.434) Populion albae
8.5) Quercetea ilicis	8.51) Quercetalia ilicis	8.511) Quercion ilicis 8.512) Oleo-Ceratonion

Zusammengestellt nach BRAUN-BLANQUET 1952, WILLMANNS 1973, OBERDORFER 1970, PIGNATTI 1953, ELLENBERG 1974, Ordnungssystem nach ELLENBERG 1974; Nomenklatur nach BRAUN-BLANQUET 1952 und ELLENBERG 1974 .

6.3.2 Kurze Beschreibung der typischen mediterranen Pflanzengesellschafts-Verbände (übersetzt nach BRAUN-BLANQUET 1952)

2.0) Klasse: Crithmo-Staticetea Br.-Bl. 47
(Strandfelsgesellschaften)

Gesellschaften auf Felsen und Mauern in der Gischtzone an der Mittelmeerküste und am Atlantik. Die Klasse umfaßt nur eine Ordnung.

2.01) Ordnung: Crithmo-Staticetalia Mol. 34
(Strandfelsgesellschaft)

Die Ordnung umfaßt zwei schwach halophile Verbände, einen atlantischen, das Crithmion maritimae PAVILLAND 28 und einen mediterranen, das Crithmo-Staticion MOLINIER 34.

2.011) Verband: Crithmo-Staticion Mol. 34
(Strandfelsgesellschaften)

Die Assoziationen dieses Verbandes folgen aufeinander in parallelen Streifen an kalkigen Ufern vom Meeresspiegel bis maximal 40 m Höhe.
Salz, Wind, Tiefgründigkeit und Beschaffenheit des Bodens regeln die Verteilung der Assoziationen, die sich vor allem aus Chamaephyten zusammensetzen.

2.1) Klasse: Zosteretea
(Seegras-Wiesen)

2.112) Verband: Posidonion Br.-Bl. 31
(Mediterrane Seegras-Wiesen)

Der Verband "Posidion" wird vertreten durch eine Assoziation von Posidonia oceanica und verschiedene Algenarten. Sie siedelt sich in einigen Metern Tiefe am Meeresboden an und steigt nur selten tiefer als 50 m hinab. Diese an Phanerogamen arme Assoziation bildet auf sandigem oder kiesigem Grund ausgedehnte unterseische Wiesen, die eine reichhaltige marine Fauna beherbergen.
Auf den Blättern und Rhizomen von Posidonia oceanica siedeln sich im Bereich von 5 - 15 m Tiefe viele Epiphyten an wie: Ulvella setchellii, Enteromorpha linza, Ectocarpus und andere. In größerer Tiefe werden diese Epiphyten seltener, dann siedeln sich vor allem Rhodophyceen an. Die Assoziation ist im gesamten Mittelmeerraum weit verbreitet.
Auf sandig-schlammigem Grund wächst eine Gesellschaft von Cymodocea nodosa und Zostera marina, und wenn verhältnismäßig viel Schlamm vorhanden ist mit Zostera nana.

2.4)Klasse: Salicornieta

2.41)Salicornietalia

2.411) Verband: Salicornion fruticosae Br.-Bl. 31

Die Gesellschaften dieses Verbandes kommen auf grauen, ziemlich dichten Schlammböden vor, die kalk- und salzreich sind; sie haben häufig in 1 - 2 cm Tiefe schwarze Horizonte (Schwefel) von 1 - 10 cm Dicke.

Drei Assoziationen dieses Verbandes werden durch die Nähe des Grundwasserspiegels im Boden unterschieden:
das Salicornietum radicantis besiedelt die fast ständig überschwemmten Stellen, während das Agropyreto-Inuletum crithmoidis die Stellen besetzt, die höher liegen und selten unter Wasser geraten; das Salicornietum fruticosae tritt zwischen beiden auf.

2.413) Verband: Staticion galloprovincialis

Die Gesellschaften dieses Verbandes kommen auf kleinen Erhebungen (Hügeln) vor, die vom Frühjahr völlig ausgetrocknet sind. Der Boden, häufig sandig oder steinig, hat eine hellgraue Farbe und enthält einen ziemlich hohen Salzgehalt. Der Grundwasserspiegel nähert sich bis 50 cm, niedriger als im Salicornietum fruticosae. Die Schwefelschicht fehlt und selten (oder sehr zerstreut) tritt Gleyboden auf.

2.613) Verband: Plantaginion crassifoliae

Dichte Rasen auf sandig-lockeren Böden hinter den Stranddünen, die im Sommer austrocknen, reich an Karbonaten sind (zahlreiche Reste von Mollusken) und Spuren von NaCl enthalten.

2.614) Verband: Trifolion maritimi Br.-Bl. 31

Gute natürliche Wiesen, hoch und dicht wachsend und reich an Leguminosen, die in der Regel gemäht werden; sie kommen an den Küsten hinter dem Juncion maritimi-Gürtel vor.
Boden: im Winter überschwemmt, im Sommer trocken, zeitweise Spuren von Chloriden enthaltend.
Dieser Verband ist ähnlich dem mitteleuropäischen Juncion maritimi, unterscheidet sich jedoch von diesem durch die hohe Anzahl von Therophyten und Leguminosen.

3.112) Verband: Isoetion Br.-Bl. 31
(Untergetauchte Rasen)

Das Isoetion setzt sich aus rasenbildenden und kurzlebigen Assoziationen zusammen, die selten mehr als 4 qm der Oberfläche bedecken.
Boden: arm an Karboanten, pH-Wert nahe "Neutral"; während des Winters und einem Teil des Frühjahres überschwemmt; im Sommer trocknet er vollständig aus und verhärtet.
Verbreitung: Mittelmeer-Länder in Europa und Nordafrika (von Marokko bis (Tunesien)

3.113) Verband: Preslion cervinae Br.-Bl. 31

Saison-bedingte hygrophile Gesellschaften, die Tümpel und perennierende Gräben besiedeln, die zu tief für die Entwicklung der Assoziationen des Isoetions sind und im Sommer für die Assoziationen des Magnocaricions zu trocken.

3.35) Ordnung: Paspalo-Heleochloetalia Br.-Bl. 51

Der sehr stickstoffreiche Schlamm an den Ufern der mediterranen Ströme beherbergt eine spezielle Vegetation von annuellen Arten und minderwertigen Pflanzen aus der Ordnung der Chenopodietalia; diese Vegetation hat einerseits bestimmte Beziehungen zu den Gesellschaften der Isoetetalia und andererseits zu den Bidentetalia, die sie in der mediterranen Region ersetzen.

Sie unterscheiden sich durch das sehr starke Verhältnis der nitrophilen und thermophilen Arten, die eine sehr konzentrierte Bodenlösung anzeigen, unter ihnen folgende: Agrostis semiverticillata
Paspalum distichum
Paspalum dilatatum
Fimbristilis dichotoma
Heleochloa alopecuroides
Heleochloa schoenoides
Crypsis aculeata
Pulicaria aliginosa

3.351) Verband: Paspalo-Agrostidion Br.-Bl. 51

Die Gesellschaften dieses Verbandes sind verbreitet auf dem schweren und feuchten Schlamm der großen Wasserläufe der mediterranen Ebenen. Sehr artenarme Fragmente können bisweilen noch an Gräben mit verunreinigtem Wasser angetroffen werden.

3.352) Verband: Heleochloion Br.-Bl. 51

An dieser Stelle wird ein Verband zitiert, der allerdings noch wenig bekannt ist. Er ist schwach halophil und wird charakterisiert durch folgende Arten:
Heleochloa schoenidis
Centaurium spicatum
und einige andere Arten
Sie kommen hier und da in den zeitweise überschwemmten Gebieten zum Vorschein (wenig Salz).

3.412) Verband: Secalinion mediterraneum (Br.-Bl.) Tx. 1937
(Mediterrane Halmfrucht - Unkrautgesellschaften)

In den Getreidefeldern auf Kalkböden oder Kalkmergel lassen sich mit dem Saatgut die Gesellschaften nieder, die reich an minderwertigen Pflanzen sind. Die Assoziationen des Secalinion sind am meisten in Gegenden mit geringen Niederschlägen verbreitet. Folgende Arten können als charakteristisch für den Verband betrachtet werden:

Asperula arvensis	Centaurea solstitialis
Anchusa azurea	Vicia purpurascens
Filago spathulata	Valerianella pumila
Vaccaria pyramidata	Coringia orientalis
Adonis flammeus	Myagrum perfoliatum
Papaver hybridum	Anthemis cotula
Ajuga chamaepitys	

Dieser Verband wird in Mitteleuropa vom Secalinion medioeuropaeum Tx. 1937 ersetzt.
Verbreitung: in der gesamten westlichen Mediterraneis.

5.6) Klasse: Ononido-Rosmarinetea Br.-Bl. 47
(Rosmarin-Heiden)

Die Gesellschaften dieser mediterranen Klasse kommen hauptsächlich im Bergland vor. Sie setzen sich aus strauchartigen Pflanzen und mageren Rasen in den Kalk- und Mergelgebieten zusammen und werden von Schafen beweidet. Die Gesellschaften bedecken beträchtliche Flächen im westlichen mediterranen Europa und treten auch in Nordafrika in Erscheinung.

Zahlreiche Arten überschreiten die Grenze der mediterranen Region nach Norden hin und dringen mehr oder weniger weit in den Bereich Mitteleuropas ein, wo sie sich wie charakteristisch an das Xerobromion anschließen. Die Verbreitungsgrenze von Carex humilis außerhalb der Mediterraneis ist sehr weit; in den Alpen erreicht sie 2650 m Höhe; in den Steppen des östlichen Europas und im Altai-Gebirge ist sie ebenfalls zu finden.
Die Klasse der Ononido-Rosmarinetea umfaßt zwei Ordnungen:
die Ononidetalia striatae (im mediterranen Bergland) auf der Höhenstufe des Quercion pubescenti-petraeae (800 - 950 m) und die Rosmarinetalia (eumediterran), die die Grenze des Quercion ilicis nicht überschreiten.

5.61) Ordnung: Ononidetalia striatae Br.-Bl. 47

Die Gesellschaften dieser Ordnung sind begrenzt auf die montane Höhenstufe des mediterranen Berglandes zwischen 1500 und 4500 m Höhe. Sie haben eine sehr große Ausdehnung in der Stufe der Flaumeichenwälder.

5.611) Verband: Genistion lobelii Mol. 34

Die Gesellschaften dieses Verbandes werden auf exponierten Höhenrücken und im Felsengebirge angetroffen. Der heftige Wind deformiert die Büsche und Bäumchen, die häufig dominieren, und drückt sie auf den Boden.
Die Assoziationen sind alle arm an Arten und entwickeln sich auf einer initialen, skelettreichen Rendzina, die wenig Feinerde enthält.
Teucrium aureum und Valeriana tuberosa werden seltener auch im Verband "Ononidion striatae" angetroffen.

5.612) Verband: Ononidion striatae Br.-Bl. und Suspl. 37

Dieser mediterran-montane Verband ist im mediterranen Gebiet der Alpen und Pyrenäen zwischen 500 m und 1500 m Höhe auf Rendzinen und humosen Böden, die wenig Karbonate enthalten, verbreitet.
Die Rasengesellschaften des Ononidion finden ihre optimale Verbreitung in der Stufe des Querceto-Buxetum (etwa 500 - 1200 m). Sie erlauben die Übersommerung vieler Schafherden in der Almwirtschaft.

5.62) Ordnung: Rosmarinetalia Br.-Bl. 31

Die strauchigen und krautigen mediterranen Garrigues kommen auf wenig durchlässigen kalkig-mergeligen Böden vor. Sie bilden mehr oder weniger fortgeschrittene Stufen der Degradation. Die degradierten Böden, häufig entblößt oder mit wenig Humus, sind schwer zu kultivieren.
Der hauptsächliche floristische Charakter der Gesellschaften dieser Ordnung ist die fast vollständige Abwesenheit der annuellen Arten. Dies scheint vor allem vom physikalischen Zustand des Bodens abzuhängen, da normalerweise in dieser Gegend die Therophyten vorherrschen. Der Boden ist sehr dicht und schlecht durchlüftet. Die Gesellschaften sind sehr empfindlich gegen niedrige Temperaturen; der größte Teil dieser Assoziationen schließt sich an die Klimax-Gesellschaften des "Quercion ilicis" (im Norden) bzw. "Oleo-Ceratonion" (im Süden) an; ausnahmsweise dringen sie auch in den Bereich des "Quercion pubescenti-petraeae" vor. Beim gegenwärtigen Zustand des Bodens, den die Gesellschaften dieser Ordnung besiedeln, scheint die optimale Nutzung der Aleppo-Kiefern-Forst zu sein. Die Gesellschaften dieser Ordnung sind im ganzen westlichen Mittelmeerraum bekannt.

5.621) Verband: Aphyllanthion Br.-Bl. 47

Die Gesellschaften dieses Verbandes bilden häufig dichte chamaephytenreiche Rasen auf Mergel- oder Kalkmergelböden. Sie besitzen auf Grund ihrer Ökologie eine ähnliche floristische Zusammensetzung. Der Boden ist sehr dicht und hält die Feuchtigkeit lange; er ist basisch und sehr reich an Karbonaten. Das Bodenprofil ist in der Regel ein zerstörtes Profil des Quercion ilicis, seltener Querceto-Buxetum, wobei die oberen Horizonte verschwunden sind.
In der mediterranen Ebene und in den nördlichen Bergketten bevorzugen die Gesellschaften des Verbandes die Nordhänge und benötigen hohe Niederschläge (mehr als 700 mm/Jahr). Sie breiten sich auf nahezu allen Expositionen aus. Morphologie und Ökologie dieses Verbandes sind bei Tomaselli (1948) näher beschrieben.

5.622) Verband: Rosmarino-Ericion Br.-Bl. 31

Die Garrigues im Mittelmeerraum verdanken ihren eigenartigen Charakter entweder dem dornigen Gestrüpp der Kermeseiche (Quercus coccifera) oder den Buschgesellschaften, die das Rosmarino-Ericion in sich vereinigt. Diese Assoziationen sind vor allem aus Büschen und Bäumchen zusammengesetzt und sind letzte Zeichen der ursprünglichen Wälder des Quercetum ilicis. Sie werden häufig im Winter und Frühjahr durch Schafe in Almwirtschaft beweidet.
Die zahlreichen honigbildenden Pflanzenarten liefern den Bienen eine reiche Ausbeute; der Honig der Garrigue genießt einen verdienten Ruf. Das Rosmarino-Ericion ist strikt eu-mediterran.

5.7) Klasse: Cisto-Lavanduletea Br.-Bl. 1940
Cistrosen-Lavendel-Heiden)

In dieser Klasse werden im wesentlichen mediterrane Heiden von Cistrosen sowie unzusammenhängende Rasen von kalkfliehenden Therophyten zusammengefaßt. Ihr Ursprung ist im wesentlichen anthropo-zoogen; sie siedeln sich nach Abholzung oder abbrennen der Wälder in den warmen Zonen der mediterranen Region auf Silikat- oder entkalktem Boden an. Zwei Ordnungen sowie mehrere Verbände und Unterverbände sind beschrieben worden.
Die beiden Ordnungen (Lavanduletalia und Helianthemetalia) treffen häufig zusammen und durchdringen sich gegenseitig. Sie bilden in der Regel zwei selbständige Stufen der Degradation des Klimax "Wald"; dies ist einer der Gründe, warum man sie bis heute noch nicht in zwei Klassen eingeteilt hat. Die Fortschritte der phytosoziologischen Forschung scheinen allerdings für eine Teilung in zwei Klassen zu sprechen, von denen die eine die Buschgesellschaften der Lavanduelatalia umfaßt (= Klasse der Cisto-Lavanduletea), die andere (= Klasse der Heliathemetea annua) die Therophytengesellschaften der Helianthemetalia auf Silikatboden.

5.71) Ordnung: Lavanduletalia stoechidis Br.-Bl. 31
(Lavendel-Heiden)

Die Lavendelheiden sind Gebüschgesellschaften, die ein Stadium der mehr oder weniger fortgeschrittenen Degeneration der Wälder des Quercion ilicis und des Oleo-Ceratonion bilden.
Sie besiedeln häufig sandige Böden mit saurer, neutraler oder schwach basischer Reaktion, die aber immer arm an $CaCO_3$ sind. Die Ordnung ist überall in der West-Mediterraneis vertreten.

5.711) Verband: Cistion ladaniferi Br.-Bl. 31

Dieser Verband umfaßt Heiden, die durch Abholzung und durch Brände entstanden, die manchmal reich an Flechten sind. Cladonia mediterranea (= Cladonia mitis), Cladonia verticillata und Cornicularia aculeata finden ihr Optimum in dieser Region.

5.72) Ordnung: Helianthemetalia guttati Br.-Bl. 40
(Kieselholde Therophytengesellschaften)

Die Gesellschaften dieser Ordnung, kurzlebige Therophytenrasen, bilden oft mosaikartige Komplexe mit den Heiden der Lavanduletalia und manchmal auch mit den Gesellschaften der Isoetalia. Sie vertreten die letzten Stadien der Degradation der Klimax-Wälder in silikatischen Gegenden; der Boden enthält keine Karbonate, reagiert baer wenig sauer, neutral oder manchmal schwach basisch an der Oberfläche. In den Lichtungen des Cistion ladaniferi lassen sich, besonders nach Bränden, die Arten der Helianthemetalia nieder und bilden die erste spärliche Besiedelung. Die Flechten sind in diesen Assoziationen spärlich, da sie fast immer nur isolierte Individuen (Keimlinge oder Jungpflanzen) von Lavandula stoechas, Cistus salviifolius oder Cistus monspeliensis ertragen. Ursprünglich existierten diese Gesellschaften in den Lichtungen, konnten aber unter dem Einfluß des Menschen an Gebiet gewinnen. Die Helianthemetalia guttati besitzen eine gewisse Verwandtschaft mit der Ordnung der Corynephoretalia im mittleren und atlantischen Europa, die sie in der mediterranen Region ersetzen. Beide Ordnungen umfassen, trotz ihrer wechselseitigen Eigenschaften, stellvertretende Arten:

in den Helianthemetalia:		in den Corynephoretalia:
Teesdalea lepidium	ersetzt	Teesdalea nudicaulis
Ornithopus compressus Ornithopus ebracteatus	ersetzen	Ornithopus perpusillus
Aira cargophyllea Aira cupaniana	ersetzen	Aira praecox

Corynephorus canescens selbst erscheint in verschiedenen Assoziationen der Helianthemetalia.
Die Verbreitung der Helianthemetalia umfaßt die ganze mediterrane Region. Von zwei gegenwärtig bekannten Verbänden (Ormenieto-Malcomion und Helianthemion guttati) ist nur der zweite in Frankreich zu finden. Von den Ordnungs-Charakterarten kann man für Frankreich nennen:
Filago gallica
Aira cupaniana
Hypochoeris glabra
Silene gallica var. quinquevulnera
Betrachtet man die Ordnung in ihrer gesamten Verbreitung, kann man zweifellos erwägen, daß ein Teil der Ordnungs-Charakterarten auch unter den Verbands-Charakterarten sowie den Assoziations-Charakterarten zu suchen ist.

7.721) Verband: Helianthemion guttati Br.-Bl. 31

Die Gesellschaften dieses Verbandes kommen vor allem auf Silikatboden vor; sie bilden kurze, glatte Rasen, die oft lückig und wenig ausgedehnt sind.

Die dominierenden Lebensformen sind Therophyten, begleitet von verschiedenen Hemikryptophyten, Chamaephyten und Geophyten. Die Gesellschaften bilden sehr magere Schafweiden und werden in der gesamten westlichen Mediterranis angetroffen.

8.5) Klasse: Quercetea ilicis Br.-Bl. 47

Die holzig-trockene Vegetation der Quercetea ilicis bringt die klimatischen Bedingungen der mediterranen Länder am besten zum Ausdruck. Diese Wälder von Bäumen mit immergrünen Blättern bilden die Klimax-Vegetation eines großen Teiles des Bereiches der mediterranen Pflanzengesellschaften. Unglücklicherweise ist der ursprüngliche Waldmantel beinahe vollständig verschwunden, außer in einigen entlegenen Berglandschaften, weiter von den Zentren der Wohngegenden angelegen. Das Unterholz hat sich mehr oder weniger langsam verändert und vor allem das Gestrüpp (Macchie*, Garrigue**, Matoral, Batna etc. ... - lokale Begriffe für verschiedene Stadien des Verfalls der Geölsche) hält sich wie ein Zeichen eines ursprünglichen Zustandes.
Die immergrünen Wälder und ihre Degradationsstadien dienen als Anhaltspunkte für die Abgrenzung des Kreises der mediterranen Vegetation im Bezug auf die laubabwerfenden eurosibirischen Klimaxwälder.
Die äußersten Grenzen der Quercetea ilicis stimmen ungefähr mit denen der mediterranen Region (im geobotanischen Sinne) überein, d.h. einschließlich des Südens von Portugal und eines großen Teils von Marokko; sie überragen die Grenzen im atlantischen Spanien und sind überall in Nordafrika zu finden (vgl. dazu die phytogeographischen Karten von MAIRE 1925 und EMBERGER 1939).

8.51) Ordnung: Quercetalia ilicis Br.-Bl. 36

Die Gesellschaften dieser Ordnung besiedeln weite, ausgedehnte Flächen rund um das Mittelmeer. Die hier verbreiteten Gesellschaften umfassen zahlreiche Holzarten mit immergrünen Blättern und mehr oder weniger trockenem Wuchs; obwohl Wälder und Gebusche sehr verschieden sind, besitzen sie eine Basis gemeinsamer Arten, die in der ganzen mediterranen Region verbreitet sind. Anspruchslos in Bezug auf den Boden und sehr beständig, bilden sie sich neu und behaupten sich lange trotz regelmäßiger Rodung und Brände. Dennoch ist die Bewirtschaftung in den halb-trockenen Landern viel zu intensiv und die wiederholten Brände sowie die Ausrodungen der Baumstumpfe haben die Holzvegetation auf großen Flächen verschwinden lassen.
In Frankreich gehen die Gesellschaften dieser Ordnung kaum über 600 - 800 m Höhe hinaus. Darüber werden sie von Flaumeichenwäldern ersetzt.

---

*) macchie = maquis (frz.) = Buschwald, Gestrüpp
**) garrigue (frz.) = Heide, Ödland

4 Verbände innerhalb der Quercetalia ilicis sind beschrieben worden:
Arganion litorale (Verbreitungsgebiet: Marokko)
Oleo-Ceratonion
Quercion ilicis und das Quercion infectoriae
Das Quercion ilicis besiedelt besonders die gemäßigten und subhumiden Gegender des Mittelmeerraumes, das Oleo-Ceratonion besonders die halbtrockenen Gegenden und das Quercion infectoriae die trockenen (subarid und arid) von Palästina, wo die sommerliche Trockenheit über 4 Monate (und länger) dauert und die jährlichen Niederschläge um 500 - 600 mm schwanken.

8.511) Verband: Quercion ilicis Br.-Bl. 36
(Steineichen-Wälder)

In Europa erstreckt sich das Verbreitungsgebiet dieses Verbandes von der iberischen Halbinsel bis nach Dalmatien und vielleicht auch noch weiter nach Osten. In Afrika umfaßt er besonders die Bergmassive, die genügend Regen bekommen. EMBERGER (1939) nennt Einzelheiten über die Verbreitung der Eichenwälder von Quercus ilex in Marokko. So ist es im Mittel-Atlas, weil man hier die schönsten bewaldeten Massive findet, von denen bestimmte auch noch vollkommen unberührt sind. Im Osten haben sich schöne Hochwälder in verschiedenen Bergmassiven von Algerien und Tunesien erhalten, z.B. in Kroumirie. Der Verband muß auch noch in der Cyrenaika existieren, aber hier fehlen exakte Dokumentationen. Als Charakterarten dieses Verbandes können gelten (nach BRAUN-BLANQUET 1940):

Quercus ilex	Quercus pubescens
Phillyrea angustifolia	Pistacia lentiscus
Daphne gnidium	Lonicera implexa
Rubia peregrina	Arlutus unedo u.a.

8.512) Verband: Oleo-Ceratonion Br.-Bl. 36
(Ölbaum-Karuben-Gesellschaften)

Die Ersatzgesellschaft des Quercion ilicis in den warmen (südlichen) Landschaften der mediterranen Region ist das Oleo-Ceratonion. Seine Verbreitung reicht vom mittleren Marokko bis nach Tunesien, vom Süden der iberischen Halbinsel bis ins südliche Katalonien. In Frankreich haben sich die Gesellschaften dieses Verbandes zurückgezogen auf geschützte Soalier(mauern) der Seealpen zwischen Nizza und der italienischen Grenze. Heute sind sie unbedeutsam.
Chamaerops humilis, eines der auffälligsten Elemente des Verbandes, die noch in der Umgebung von Nizza existieren müßte, ist aus dem französischen Gebiet verschwunden. Der Einfluß des Menschen hat den natürlichen Charakter dieser bevorzugten, abgelegenen Orte vollkommen verändert und es ist heute schwierig, sich ein Bild von der ursprünglichen Vegetation zu machen. Unsere Nachforschungen haben dennoch zu der Entdeckung eines Gebüsches von Ceratonia siliqua und Olea europaea geführt, das zwischen Nizza und Eze in ungefähr 200 m Höhe liegt.
Die Reste der Klimaxwälder regenerieren sich hier (Exposition: Südwest, Neigung: 10^0) unter dem Schirm eines Schutzforstes von Pinus halepensis und verschiedenen Eucalyptus-Arten. Das Stadium der Wiederbedeckung dieser Reste

scheint jedoch zu mißlingen; der absterbende Teil umfaßt ca. 75 %. Das natürliche Unterholz, Höhe ca. 3 - 4 m, bedeckt ca. 80 - 90 % des Bodens. Die Krautschicht und die schwach entwickelten Pilze umfassen u.a.:
Arisarum vulgare
Rubia peregrina
Asparagus acutifolius u.a.
In einer zweiten Aufnahme wurden notiert:

Clematis flammula sp. flammula	Ruscus aculeatus
Lonicera implexa	Juniperus oxycedrus
Euphorbia characias	Fraxinus ornus

Ceratonia siliqua und Olea europaea var. oleaster sind als Charakterarten anzusehen. Um die Charakterarten der Krautschicht festzulegen, sind noch weitere Aufnahmen notwendig.
GUINOCHET und DROUINEAU (1944) machen auf ein Gebüsch von Ceratonia siliqua und Pistacia lentiscus aufmerksam, das in der Umgebung von Antibes liegt, wo der Quotient aus Niederschlag und Temperatur (= Regenfaktor) höher als 100 ist. Die felsige Stelle ist nach Süden exponiert, der Untergrund ist kalkhaltig. Die Gesellschaft ist charakterisiert durch das reichliche Vorkommen von Ceratonia siliqua, Pistacia lentiscus, Calycotome spinosa, Olea europaea var. oleaster, Coronilla valentina, zu denen man noch eine Anzahl relativ ausgewählter Arten des Quercion ilicis zählt. Dieses Gebüsch ist in unseren Tagen selten; häufiger ist das folgende Stadium der Degradation, eine Gesellschaft einer mehr offenen Strauch- und einer reichen Krautschicht. GUINOCHET schlägt vor, sie Euphorbietum dendroidis zu nennen. Folgende Arten können als Charakterarten und, möglicherweise, als Differenzialarten gelten:
Euphorbia spinosa
Euphorbia dendroides
Fumana laevipes
zu denen noch einige Charakterarten höherer Einheiten der Quercetea ilicis stoßen:

Pistacia lentiscus	Ceratonia siliqua
Rhamnus alaternus	Clematis flammula
Olea europaea var. oleaster	Calycotome spinosa
	Smilax aspera

und verschiedene Arten der Thero-Brachypodietalia. Es ist schwer, sich über die exakte Zugehörigkeit dieser Gesellschaft klar zu werden, die wahrscheinlich durch weitergehende Degradation der vorhergehenden entsteht.

5.43) Ordnung: Holoschoenetalia

Wiesen mit dichter Vegetation an hochgelegenen Stellen; infolge des Wassergehaltes eingeschoben zwischen die Sümpfe des Magnocaricion und die Trockenrasen des Brachypodion phoenicoides. Die Holoschoenetalia fordern periodische Feuchtigkeit, vertragen aber auch sommerliche Austrocknung. Die Holoschoenetalia enthalten eine ganze Reihe von Arten der mitteleuropäischen Molinetalia, die sie in der mediterranen Region ersetzen.
HORVATIC (1934) beschreibt unter dem Namen der "Assoziation von Peucedanum pospichilii und Molinia litoralis" eine Wiesengesellschaft der Insel Pag (Dalmatien), die sich vermutlich an diese Ordnung anschließt. Sie umfaßt u.a.:

Molinia litoralis	Ranunculus neapolitanus
Scilla pratensis	u. andere Arten

5.431) Verband: Molinio-Holoschoenion Br.-Bl. 47

Wiesen mit Gräsern oder Binsen, auf feuchtem Boden, der reich an Karbonaten ist, durchlässig sein kann oder nicht, verstreut über die Ebenen der Provence und Languedoc.

5.432) Verband: Deschampsion mediae Br.-Bl. 47

Ein mediterraner Verband, der kurze Rasen auf Mergelböden bildet, die während eines großen Teiles des Jahres dicht, undurchlässig und durchnäßt sind, aber im Sommer austrocknen. Die Assoziationen dieses Verbandes entwickeln sich weiter zum Amphyllanthion.

5.5) Klasse: Thero-Brachypodietea Br.-Bl. 47
(Kalkholde Therophyten-Gesellschaften)

Die steppenähnlichen Kalk-Trockenrasen vereinigen in sich zahlreiche Gesellschaften der trockenen Garrigues auf Kalk. Die Trockenrasen entwickeln sich zu mehr oder weniger zusammenhängenden Weiden für Schafe und Ziegen; sie sind reich an Chamaephyten und Therophyten und bedecken ausgedehnte Flächen in der nordwestlichen Mediterraneis.

5.51) Ordnung: Thero-Brachypodietalia Br.-Bl. 36
(Mediterrane Trockenrasen)

Die charakteristische Ordnung für die tiefen, warmen und trockenen Gegenden des Mittelmeer-Gebietes zeichnet sich besonders durch die Fülle der kurzlebigen Therophyten aus. Der größte Teil der Assoziationen verdankt seine Existenz dem Eingriff des Menschen und hält sich auch nur unter dem Einfluß der Beweidung.
Sie brauchen einen sehr durchlässigen Boden und sind noch an der Grenze des Mittelmeerraumes anzutreffen, ohne ihn zu verlassen.

5.511) Verband: Brachypodion phoenicoidis Br.-Bl. 31
(Gras-Trockenrasen)

Auf lockerem, tiefgründigem Kalkboden, besonders in verwahrlosten Kulturen, läßt sich eine Gesellschaft von ausdauernden, kräftigen Gräsern nieder. Sie sind anspruchsvoller bezüglich des Wassers als die Thero-Brachypodion-Gesellschaften und siedeln sich dort an, wo das Regenwasser vom Boden längere Zeit gehalten wird.

5.512) Verband: Thero-Brachypodion Br.-Bl. 25
(Therophyten-Trockenrasen)

Die Pflanzengesellschaften dieses Verbandes sind durch ihre ausgeprägte Xerophilie und schwache Bedeckung charakterisiert. Sie sind sehr reich an Nano-Therophyten, die nach dem ersten Herbstregen keimen und zum Sommeranfang verschwunden sind.
Der Boden ist im allgemeinen ein Skelettboden, der Oberboden ist dünn, basisch und sehr durchlässig sowie reich an Karbonaten.

Die Pflanzengesellschaften dieses Verbandes bilden die "mediterrane Steppe", genauer gesagt, eine anthropo-zoogene Steppe, da die zerstörerischen Eingriffe des Menschen zur Bildung dieser Gesellschaften beigetragen haben und sie durch Beweidung und Brandkultur erhalten werden.
Diese Gesellschaften besitzen eine große ökologische Plastizität, die es ihnen ermöglicht, als Pioniergesellschaften degradierte, steinige oder felsige Böden zu besiedeln.

5.513) Verband: Armerion junceae Br.-Bl. 31

Dolomitkalk zerfällt zu feinem karbonatreichem Sand, der sich am Fuß der Felsentrümmer anhäuft. Dieser Sand wird von einer speziellen Polstervegetation ohne Einfluß des Menschen besiedelt, die viele endemische Arten enthält, u.a.:
Armeria juncea
Alyssum montanum ssp. psammeum
Verbreitung: evtl. ein endemischer Verband des Gebietes um Montpellier.

6.4 Pflanzensoziologische Untersuchungen an der Riviera di Ponente

Das Untersuchungsgebiet liegt in der Umgebung des Fischerortes Laigueglia, ca. 6 km westlich des Riviera-Badeortes Alassio. Es wird geprägt durch macchienähnliches, weitgehend noch unkultiviertes, da unwegiges Gelände.

Um einen Überblick über die Vegetation zu bekommen, wurden 1976 insgesamt 28 Vegetationsaufnahmen gemacht, die in der Stetigkeitsliste (Tabelle 85) zusammengefaßt dargestellt sind. Da bei diesen Kartierungen keine offizielle topographische Karte* des Untersuchungsgebietes existierte, wurde eine solche 1978 durch Theodolith-Vermessungen erstellt und mit der genannten militärtopographischen Karte zur Deckung gebracht. Diese topographische Karte diente zur Erstellung der Vegetations-Karte (Abb. 123).

Bei der Aufarbeitung der Tabellen stellte ich fest, daß eine systematische Pflanzensoziologie für Italien nicht vorlag; daher erstellte ich die systematische Übersicht der Pflanzengesellschaften Italiens (S. 292/293). Zu dieser Übersicht stellte ich das folgende Artenverzeichnis der Pflanzenarten des Mittelmeerraumes mit ihren pflanzensoziologischen Zeigerwerten nach BRAUN-BLANQUET (1952) zusammen. Mit Hilfe dieses Verzeichnisses wurden die Aufnahmen der Tabelle 85 ausgewertet.

Ergänzung zur Stetigkeitstabelle Laigueglia 1976

In Aufnahme 1 noch: Galium italicum, Plantago lanceolata, Eryngium maritimum, Picris hieracoides, Anagallis caerula
in 2 noch : Galium italicum, Inula salicina
in 3 noch : Galium verum, Plantago lanceolata, Poa pratensis, Euphorbia esula, Hippocrepis comosa, Polygala nicaeensis, Trisetum flavescens, Bromus ramosus, Poa bulbosa vivipara
in 4 noch : Melica erecta, Sedum rupestre, Salvia verbenaca
in 5 noch : Mercurialis annua, Antirrhinum orontium, Fumaria capreolata, Gladiolus segetum, Anchusa vulgaris
in 6 noch : Galium verum, Antirrhinum orontium, Allium neapolitanum, Poa pratensis, Vicia tetrasperma, Ranunculus lanuginosus, Melandrium noctiflorum, Melandrium album
in 7a noch : Rubia peregrina
in 7b noch : Melilotus alba
in 8 noch : Allium neapolitanum, Erythraea spec., Fumana procumbens, Ajuga chamaepitys, Convolvulus arvensis, Crepis biennis
in 9 noch : Ajuga chamaepitys
in 10 noch : Fumana procumbens, Gentiana spec. (gelbblühend), Potentilla erecta, Briza maxima, Trifolium dubium
in 11 noch : Orchis papilionacea, Trifolium stellatum, Sedum acre, Sedum dasyphyllum, Fumaria capreolata, Anthyllis vulneraria, Plantago medium, Gnaphalium norvegicum, Lychnis italicum, Umbilicus rupestris, Anthoxanthum odoratum
in 12 noch : Astrantia major, Saponaria italica, Veronica beccabunga, Viburnum lantana, Lathyrus montanus
in 13 noch : Inula salicina, Erythraea spec., Dorycnium herbaceum, Vicia cracca, Vicia hirsuta, Salvia herbacea
in 14 noch : Gentiana spec., Potentilla erecta, Briza maxima
in 15 noch : Melica erecta
in 19 noch : Serapias vomeracea, Anacamptis pyramidalis, Convolvulus elegantissimus
in 20 noch : Anacamptis pyramidalis
in 22 noch : Orchis tridentata, Ariserum vulgare, Centaurea spec.
in 23 noch : Daucus carota, Phagnalon saxatile, Papaver rhoeas, Silene inflata, Crepis taraxacifolia
in 24 noch : Ophrys fuciflora, Serapias cordigera, Muscari comosum
in 26 noch : Ophrys fuciflora, Serapias cordigera, Himatoglossum longibracteatum
in 28 noch : Serapias vomeracea, Himantoglossum longibracteatum, Silene inflata, Trifolium montanum

*) einzige verfügbare Kartenunterlage: Militärtopographie in sehr großem Maßstab

Tabelle 85: Stetigkeitstabelle Laigueglia 1976

Art / lfd. Nr.	1	2	3	4	5	6	7a	7b	7c	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
Pinus halepensis				1			3	2	1	3	2					v		1		2		+						2		
Olea europaea	2			2						+	1										2		4	2	4			2		1
Pinus maritima																		1	+	r	2	1				+	+	+	2	
Quercus pubescens							3	3	1							v														
Juniperus oxycedrus				v							1					v										+				
Quercus ilex																												+	r	
Fraxinus ornus							1	1																						
Ceratonia siliqua			r																					3					
Carpinus betulus													v																	
Pinus pinea																		1												
Ostrya carpinifolia							1																							
Pistacia lentiscus		+		1						2	3				1			1	r	1	+	+	+	+		1	1	+	2	1
Calycotome spinosa				1				1							2			1	+	2	1	1				1	1	3	+	+
Rhamnus alaternus	1			1						1	2				1			+	1		+	+				+			r	
Spartium junceum			+	1			2	1	1			2				v										1		1		+
Cistus albidus							1		1						1			2	+	1	+	r							2	
Erica arborea							1		4	2		1						3											3	
Cistus salviaefolius							1		1			4				v		2											+	
Arbutus unedo							+	+																						
Genista tinctoria												1				v														
Daphne gnidium				1																										
Smilax aspera	2			2		v	2	1		1	2				2		1	+	r	1	r	+			+	r	1	+	+	
Asparagus acutifolius	+	+		+			1		1	1	1	+			1	v	1								+	+				
Lonicera implexa	1			1						1	1				1			r			r	r								
Euphorbia spinosa															2								r	+	r			1		r
Rubus caesius				2																			r	r		+				
Ononis repens																									+	2				
Ononis spinosa			3																							3				
Calluna vulgaris												2				v														
Brachypodium pinnatum	3	3	2	3		3	2	1	1	3	3	2			3		4		3	4	4	4	+	3	2	4	2	5	3	5
Psoralea bituminosa	1	1	1	1		2				2	2						1	r	r		r		r	+	2	1		1		1
Dactylis glomerata			1	2		3							v		1				+	+	+	+	2	2	2	1	+	1	+	+
Kentranthus ruber	2	2		2	1	1	1	2		+	1										r	r			r	1		1		+
Dorycnium hirsutum							1	2	1	4								3	1	3	r	+				+	2		+	
Carex flacca			1	1						1	1				2			1	1	+		+				1	3			
Inula viscosa		1	+							1	2							r				r	r	r	1	1	+	+		
Foeniculum vulgare		1			1										+		1				1		r	r		+		+		+
Thymus serpyllum			+	+				2			1					v					r			r		+	1		r	
Hieracium pilosella	+											1				v		r			r	r	r				r		r	
Globularia alypum									2			1			1	v		r	r		+						+	+		
Eryngium campestre			+							1					2				r		+					1		r		+
Linum strictum	+										1	v				v	1		r					r	r					
Convolvulus althaeoides			+		1													r			+			r		r		+		+
Sedum reflexum					v					+	1	1				v							r	r		+				
Helichrysum stoechas										+					1				r		r					+			r	
Bromus erectus			1			2	1	1		2	1				2											4				
Poa nemoralis																			1	+	+		3	3	3	2				
Melilotus spec.	1	2		1		1					2												+							
Onobrychis viciaefolia			2							2	1				2		1				r					+			r	
Ruta graveolens	1								+	1	3				1											+				
Galactites tomentosa	4					1											1				2							2		1
Clematis flammula	1			1						1	1						1													
Stachys recta		+	1	+							1														r		r			
Echium vulgare			1																											
Sanguisorba minor			1	1						1			v		1							r	r	r			+		r
Lotus spec.	1			1	2		1										3													
Medicago lupulina			3															r	r					r			1			
Helianthemum rossum	+		1	1								1						r												
Urospermum dalechampii			1		1			1																r			+			
Euphorbia cyparissias	+										1													r		+				
Coronilla varia					1																			r		+				
Anacallis arvensis	+				1	1																	+	r		+				
Trifolium minimum					1					+	1																	+		
Galium mollugo								+								1										+				
Nigella damascena	r																													
Thymus vulgaris															1						+					1		+		+
Hypericum spec.				1		+			+																					
Arnoseris autumnale													v										1		1					
Avena fatua			+																				r	r						
Festuca spec.											2	v				v														
Lavandula stoechas																			r		r	r								

Pflanzensoziologische Charakterarten des Mittelmeer-Raumes
(Nomenklatur und Kennziffern der Arten nach EHRENDORFER 1967)

Nr.	Gattung/Art	Soz. Verhalten
018	AELUROPUS	
01	litoralis	2.4
023	AGROPYRON	
04	acutum	2.61
025	AGROSTIS	
08	castellana	5.7
13	stolonifera	5.43
14	tenuis	5.421
027	AIRA	
02	caryophyllea	5.7
06*	cupaniana	5.72
028	AJUGA	
01	chamaepitys	3.412
05*	iva	5.512
033	ALISMA	
03	lanceolatum	1.5
04	plantago-aquatica	1.51
037	ALOPECURUS	
02	bulbosus	2.61
04	myosuroides	3.41
038	ALTHAEA	
03	officinalis	1.514
040	ALYSSUM	
02	alyssoides	5.32
041	AMARANTHUS	
01	albus	3.321
08	hybridus agg.	3.321
14	retroflexus	3.31
043	AMELANCHIER	
02	ovalis	8.42
055	ANCHUSA	
03	italica	3.412
058	ANDROSACE	
13	vandellii	4.221
-	ANDRYALA	
-	integrifolia var. sinuata	5.7
059	ANEMONE	
06	nemorosa	8.43
064	ANTHEMIS	
02	arvensis	3.41
05	cotula	3.412
066	ANTHOXANTHUM	
01	odoratum	5.421
067	ANTHRISCUS	
06	silvestris	5.421

*) mit einem * versehene Arten sind nicht bei EHRENDORFER aufgeführt; ebenso die Arten ohne Nummer.

Nr.	Gattung/Art	Soz.Verh.
068	ANTHYLLIS	
01	montana	5.61
02	vulneraria	5.32
	vulneraria ssp. hispida	5.51
072	APHYLLANTHES	
01	monspeliensis	5.621
079	ARABIS	
01	alpina var. saxeticola	4.211
11	muralis	4.21
080	ARBUTUS	
01	unedo	8.511
085	ARENARIA	
07	serpyllifolia	5.32
08	serpyllifolia ssp. leptoclados	5.51
093	ARTEMISIA	
09	campestris	5.23
094	ARTHROCNEMUM	
01	fruticosum	2.411
03	perenne	
101	ASPARAGUS	
01	acutifolius	8.511
103	ASPERULA	
03	cynanchica	5.
106	ASPLENIUM	
11	fontanum	4.211
18	viride	4.21
108	ASTERISCUS	
01	aquaticus	5.43
109	ASTRAGALUS	
15	mospessulanus	5.621
24*	stella	5.512
115	ATRIPLEX	
02	hastata	3.31
	hastata var. triangulare	2.412
13	tatarica	3.323
118	AVENA	
04	sterilis	3.31
05*	bromoides	5.62
119	AVENELLA	
01	flexuosa	8.3
134	BETA	
02	vulgaris	2.61
135	BETONICA	
03	officinalis	8.3
136	BETULA	
03	pendula	8.3
139	BILDERDYKIA	
01	convolvulus	3.41
02	dumetorum	8.42
140	BISCUTELLA	
02	laevigata ssp. mediterranea	5.512
141	BLACKSTONIA	
01	perfoliata	2.613

Nr.	Gattung/Art	Soz.Verh.
145	BOLBOSCHOENUS	
01	maritimus	2.711
149	BRACHYPODIUM	
01	distachyum	5.512
03	pinnatum	5.32
06	silvaticum	8.43
152	BRIZA	
01	maxima	5.7
153	BROMUS	
03	diandrus	2.91
06	erectus	5.321
13	mollis	5.421
31*	rubens	5.51
162	BUPLEURUM	
16*	fruticosum	8.511
17*	opacum	5.512
11	ranunculoides ssp. telonense	5.611
167	CALAMINTHA	
03	clinopodium	6.11
05	nepeta	5.511
09	nepetoides	4.4
-	silvatica	8.42
173	CALLITRICHE	
06	palustris	1.31
174	CALLUNA	
01	vulgaris	5.12 + 5.711
175	CALTHA	
01	palustris ssp. minor	1.611
-	CALYCOTOME	
-	spinosa	5.711
178	CAMPANULA	
10	erinus	5.512
12	glomerata ssp. monspeliensis	5.612
-	macrorhiza	4.2
16	persicifolia	8.42
182	CAPSELLA	
02	rubella	3.3
183	CARDAMINE	
07	impatiens	8.433
186	CARDUUS	
-	nigrescens	5.512
17	pycnocephalus	3.331
18	tenuiflorus	3.31
187	CAREX	
-	chaetophylla	5.511
68	humilis	5.6
-	nemorosa	1.514
92	panicea	5.431
99	pilulifera	8.3
189	CARLINA	
03	corymbosa	5.51
04	vulgaris	5.32
192	CARTHAMUS	
01	lanatus	5.511
194	CASTANEA	
01	sativa	8.311

Nr.	Gattung/Art	Soz.Verh.
-	CATANANCHE	
-	coerula	5.621
196	CATAPODIUM	
02	rigida	5.51
200	CENTAUREA	
-	conifera	5.62
04	cyanus	3.41
-	melitensis	5.512
20	paniculata	5.512
-	pectinata ssp. eupectinata	4.223
35	solstitialis	3.412
201	CENTAURIUM	
-	maritimum	3.112
05	pulchellum	5.432
07	tenuiflorum	2.613
202	CENTRANTHUS	
02	ruber	4.11
204	CEPHALANTHERA	
02	longifolia	8.42
03	rubra	8.42
206	CERASTIUM	
16	fontanum holosteoides	5.421
25	pumilum	5.
220	CHENOPODIUM	
06	ambrosoides	3.323
-	multifidum	3.323
18	rubrum botryoides	2.412
224	CHRYSANTHEMUM	
-	graminifolium	5.612
227	CICENDIA	
-	pusilla	3.11
233	CIRSIUM	
01	acaule var. flavispinum	5.621
234	CISTUS	
02	salviaefolius	5.711
238	CLEMATIS	
02	flammula ssp. flammula	8.51
239	CLYPEOLA	
01	jonthlaspi	5.512
-	microcarpa	5.512
252	CONVALLARIA	
01	majalis	8.4
253	CONVOLVULUS	
02	cantabrica	5.51
03	soldanella	2.9
254	CONYZA	
01	bonariensis	3.323
-	CORIS	
-	monspeliensis	5.622
-	CORNICULARIA	
-	aculeata	5.711
259	CORONILLA	
03	emerus	8.421
04	minima	5.6

Nr.	Gattung/Art	Soz.Verh.
266	COTINUS	
01	coggyria	8.421
267	COTONEASTER	
04	tomentosa	8.42
272	CREPIS	
-	albida	5.61
-	bulbosa	5.512
18	nicaeensis	3.331
273	CRITHMUM	
01	maritimum	2.01
-	CRUCIANELLA	
-	angustifolia	5.512
279	CUCUBALUS	
01	baccifer	8.43
288	CYNANCHUM	
04	officinale ssp. albiflorum	4.4
291	CYNOSURUS	
02	echinatus	5.7
295	CYTINUS	
01	hypocistis	5.711
297	DACTYLIS	
02	glomerata	5.421
300	DAPHNE	
01	alpina	4.211
08	gnidium	8.51
04	laureola	8.421
303	DAUCUS	
-	gingidium	2.011
308	DIANTHUS	
-	virgineus	5.512
-	DIOTIS	
-	maritima	2.91
314	DIPLOTAXIS	
02	muralis	3.31
03	tenuifolia	3.331
04	viminea	5.511
316	DORONICUM	
10	pardalianches	8.43
326	ECBALLIUM	
01	elaterium	3.323
327	ECHINOCHLOA	
02	crus-galli	3.211
330	ECHINOPS	
03	ruthenicus	5.511
-	ECHINOSPERMUM	
-	lappula	3.341
331	ECHIUM	
05	pustulatum	5.511
342	EPILOBIUM	
03	alsinifolium	1.611
07	dodonaei	4.44
344	EPIPACTIS	
05	helleborine	8.43

Nr.	Gattung/Art	Soz.Verh.
351	ERICA	
01	arborea	5.711
03	cinerea	5.123
356	ERODIUM	
-	romanum	5.511
360	ERYNGIUM	
03	campestre	5.32
365	EUPATORIUM	
01	cannabium	5.431
366	EUPHORBIA	
-	artaudiana	2.011
43	characias	8.511
05	cyparassias	5.32
-	duvallii	5.612
13	exigua	5.512
21	nicaeensis	5.62
23	palustris	1.514
25	paralias	2.91
-	pithyusa	2.011
-	seguieriana var. dolomitica	5.61
-	spinosa	4.2
-	EVAX	
-	pygmaea	5.512
372	FESTUCA	
42	rubra	5.421
30	tenuifolia	8.3
375	FICUS	
01	carica	4.2
376	FILAGO	
02	gallica	5.72
04	germanica	5.51
03	minima	5.721
07	pyramidata	3.412
378	FOENICULUM	
01	vulgare	5.511
-	FONTINALIS	
-	antipyretica	1.311
379	FRAGARIA	
03	vesca	6.212
381	FRAXINUS	
03	parvifolia	8.43
383	FUMANA	
01	ericoides	5.62
02	procumbens	5.6
384	FUMARIA	
05	parviflora	3.31
-	GALACTITES	
-	tomentosa	5.511
390	GALIUM	
-	mollugo ssp. dumetorum	8.434
-	murale	5.512
26	parisiense	5.512
393	GENISTA	
05	pilosa var. microphylla	5.123
05	pilosa ssp. jordani	5.622

Nr.	Gattung/Art	Soz.Verh.
397	GERANIUM	
18	robertianum	8.43
398	GEUM	
05	urbanum	8.4
402	GLECHOMA	
02	hederacea	8.43
403	GLOBULARIA	
-	alypum	5.622
-	linnaei	5.621
-	nana	4.211
409	GRATIOLA	
01	officinalis	1.514
419	HEDYPNOIS	
01	rhagadioloides	5.51
422	HELIANTHEMUM	
04	apenninum	5.6
05	canum	5.6
03	italicum	5.62
-	pilosum	5.513
11	salicifolium	5.512
426	HELIOTROPIUM	
01	europaeum	3.321
437	HIERACIUM	
64	umbellatum	8.311
-	kochianum	4.211
-	lawsonii	4.21
441	HIPPOCREPIS	
-	ciliata	5.512
01	comosa	5.321.1
-	multisiliquosa	5.512
02	unisiliquosa	5.51
446	HOLCUS	
02	mollis	5.12
452	HORDEUM	
02	maritimum	2.4
454	HORNUNGIA	
01	petraea	5.512
457	HUMULUS	
01	lupulus	8.43
463	HYDROCOTYLE	
02	vulgaris	1.514
467	HYPERICUM	
14	montanum	8.42
17	pulchrum	8.311
19	tetrapterum	5.431
-	tomentosum	5.43
468	HYPOCHOERIS	
01	glabra	5.72
03	radicata var. salina	2.911
470	IBERIS	
04	saxatilis	5.61

Nr.	Gattung/Art	Soz.Verh.
474	INULA	
03	conyza	6.11
11	montana	5.61
15	viscosa	5.43
481	JASIONE	
02	montana	5.7
482	JASMINUM	
01	fruticans	8.51
485	JUNCUS	
07	articulatus	5.4
11	bufonius	3.11
13	capitatus	3.11
-	fasciculatus	3.11
31	inflexus ssp. longicornis	5.4
25	maritimus	2.61
27	pygmaeus	3.11
-	subulatus	2.411
32	tenageia	3.11
491	KNAUTIA	
01	arvensis	5.421
-	arvensis ssp. collina	5.6
494	KOELERIA	
01	gerardii	3.331
07	gracilis	5.32
12	vallesiana	5.6
-	villosa	2.911
498	LACTUCA	
04	serriola	3.3
502	LAMIUM	
06	maculatum	8.4
504	LAPSANA	
01	communis	8.43
507	LASERPITIUM	
02	gallicum	4.414
05	latifolium	8.42
509	LATHYRUS	
07	filiformis bauhini	8.511
15	montana	8.311
16	niger	8.421
512	LAVANDULA	
02	latifolia	5.62
-	stoechas	5.711
-	vera	5.61
517	LEMNA	
04	trisulca	1.111
519	LEONTODON	
03	crispus	5.61
13	villarsii	5.62
10	saxatilis	5.43
522	LEPIDIUM	
02	campestre	3.31
05	graminifolium	5.511
532	LIMONIUM	
02	globulariifolium	2.413
-	minutum	2.011

Nr.	Gattung/Art	Soz.Verh.
534	LINARIA	
-	origanifolia	4.21
08	pelisseriana	5.721
-	supina	4.414
537	LINUM	
04	flavum agg.	5.621
13	leonii	5.612
07	maritimum	2.613
08	narbonense	5.6
16	strictum	5.51
17	tenuifolium	5.621
18	trigynum	5.7
540	LITHOSPERMUM	
01	arvense	3.41
03	purpurocaerulum	8.421
546	LOLIUM	
03	rigidum	3.3
06	temulentum	3.41
548	LONICERA	
04	etrusca	8.511
06	nigra	8.431
550	LOTUS	
01	angustissimus	3.112
02	corniculatus var. villosus	5.621
07	tenuis	5.432
555	LUZULA	
17	silvatica ssp. maxima	8.43
560	LYCOPUS	
01	europaeus	1.51
561	LYSIMACHIA	
05	vulgaris	1.514
562	LYTHRUM	
01	hyssopifolia	3.11
02	salicaria	1.51
-	thymifolia	3.112
565	MALCOLMIA	
-	litorea	2.911
566	MALUS	
03	silvestris	8.4
567	MALVA	
-	nicaeensis	3.31
-	parviflora	3.31
573	MATTHIOLA	
03	sinuata	2.91
574	MEDICAGO	
04	litoralis	2.91
05	lupulina	5.421
07	minima var. longiseta	5.51
08	nigra	5.512
09	orbicularis	5.511
14	sativa falcata	5.32
575	MELAMPYRUM	
06	cristatum	8.421
07	nemorosum	8.42

Nr.	Gattung/Art	Soz.Verh.
576	MELICA	
03	ciliata	5.32
577	MELILOTUS	
07	sulcatus	5.512
587	MICROPUS	
01	erectus	5.512
590	MINUARTIA	
12	mediterranea	5.512
-	rostrata	4.211
592	MOEHRINGIA	
10	trinervia	8.43
594	MOLINIA	
03	caerula	5.431
605	MYAGRUM	
01	perfoliatum	3.412
606	MYCELIS	
01	muralis	8.43
607	MYOSOTIS	
01	arvensis	5.421
04	palustris cespitosa	1.513
616	NARCISSUS	
-	juncifolius	5.61
617	NARDURUS	
-	lachenalii	5.7
618	NARDUS	
-	tenuiflorus	5.512
633	OENANTHE	
06	lachenalii	5.431
08	pimpinelloides	5.43
09	silaifolia	3.11
638	ONONIS	
03	pusilla	5.6
04	reclinata	5.512
-	striata	5.612
642	OPHRYS	
01	apifera	5.321
-	lutea	5.512
646	ORCHIS	
01	coriophora	2.613
03	palustris x laxiflora	2.61
04	palustris	2.61
07	morio	5.321
649	ORLAYA	
-	maritima	2.91
651	ORNITHOPUS	
-	compressus	5.721
655	ORYZOPSIS	
-	paradoxa	8.511
670	PAPAVER	
09	argemone	3.41
13	hybridum	3.412
15	rhoeas	3.41

Nr.	Gattung/Art	Soz.Verh.
672	PARAPHOLIS	
01	incurvatus	2.413
02	strigosa	2.41
680	PASTINACA	
01	sativa ssp. urens	8.43
692	PHILLYREA	
01	angustifolia	8.51
693	PHLEUM	
04	arenarium	5.231
696	PHRAGMITES	
01	communis	1.51
702	PHYTEUMA	
17	spicatum	8.43
708	PIMPINELLA	
06	saxifraga	5.32
-	tragium	4.414
710	PINUS	
02	halepensis	5.622
711	PISTACIA	
01	lentiscus	8.51
02	terebinthus	8.511
713	PLANTAGO	
02	argenta	5.612
06	cornutii	2.611
10	intermedia	3.111
17	media	5.32
18	psyllium	5.512
717	POA	
10	bulbosa	5.32
-	infirma	3.331
724	POLYGONUM	
05	aviculare ssp. litorale	3.112
13	lapathifolium	3.211
20	persicaria	3.211
-	romanum	3.112
726	POLYPOGON	
02	semiverticillata	3.351
-	maritimus	2.4
728	POPULUS	
01	alba	8.43
02	nigra	8.434
03	tremula	8.4
729	PORTULACA	
01	oleracea	3.31
730	POSIDONIA	
01	oceanica	2.112
731	POTAMOGETON	
21	panormitanus	1.3
732	POTENTILLA	
53	reptans	5.43
58	verna var. australia	5.621

Nr.	Gattung/Art	Soz.Verh.
735	PRIMULA	
05	elatior	8.43
18	veris ssp. columnae	8.421
736	PRUNELLA	
02	laciniata	5.321
03	vulgaris	5.431
-	PSORALEA	
-	bituminosa	5.51
741	PTERIDIUM	
01	aquilinum	5.12
744	PUCCINELLIA	
-	convoluta	2.411
-	convoluta var. tenuifolia	2.413
745	PULICARIA	
01	dysenterica var. microcephala	5.431
03	vulgaris	3.112
752	QUERCUS	
-	coccifera	8.51
03	ilex	8.511
09	pubescens	8.421
754	RANUNCULUS	
-	breyninus	8.4
13	arvensis	3.41
31	gramineus	5.61
58	sardous	2.61
755	RAPHANUS	
03	raphanistrum	3.41
756	RAPISTRUM	
02	rugosum	3.41
757	REICHARDIA	
01	picroidis	5.51
761	RHAMNUS	
01	alaternus	8.51
02	alpina	8.421
05	cathartica	8.42
-	infectoria	8.511
771	RIBES	
01	alpinum	8.42
03	petraeum	8.431
777	ROSMARINUS	
01	officinalis	5.622
779	RUBIA	
01	peregrina	8.51
780	RUBUS	
01	caesius	8.434
783	RUMEX	
02	acetosella	2.412
-	bucephalophorus	5.721
09	conglomeratus	1.51
22	pulcher	3.31
787	SAGINA	
01	apetala	5.512

Nr.	Gattung/Art	Soz.Verh.
790	SALIX	
01	alba	8.434
-	atrocinerea	8.434
16	fragilis	8.434
45	triandra	8.434
792	SALVIA	
10	clandestina	5.511
-	horminoides	5.511
06	pratensis	5.32
10	verbenaca	5.511
794	SAMBUCUS	
02	nigra	8.433
795	SAMOLUS	
01	valerandi	1.514
796	SANGUISORBA	
03	minor	5.32
799	SAPONARIA	
03	officinalis	8.434
800	SAROTHAMNUS	
06	scoparius	5.
804	SAXIFRAGA	
-	aquatica	1.611
-	mixta	4.221
52	stellaris	1.611
55	tridactylites	5.512
805	SCABIOSA	
03	columbaria	5.321
-	maritima	5.511
806	SCANDIX	
01	grandiflora	5.512
808	SCHOENOPLECTUS	
06	tabernaemontani	1.51
810	SCILLA	
03	bifolia	8.43
812	SCLERANTHUS	
01	annuus	2.412
818	SCORZONERA	
06	parviflora	2.611
819	SCROPHULARIA	
01	auriculata	1.513
02	canina	4.44
822	SEDUM	
03	album ssp. micranthum	5.51
-	anglicum	4.221
-	anopetalum	5.513
-	brevifolium	4.221
10	hirsutum	4.22
25	maximum	4.22
-	rubrum	5.512
825	SEMPERVIVUM	
06	tectorum ssp. arvernense	4.223
826	SENECIO	
-	lividus	5.7
828	SERRATULA	
-	nudicaulis	5.611

Nr.	Gattung/Art	Soz.Verh.
829	SESELI	
-	glaucum	5.513
06	montanum	5.
08	tortuosum	5.511
830	SESLERIA	
08	caerula ssp. elegantissimus	5.612
834	SIDERITIS	
03	romana	5.51
837	SILENE	
14	gallica var. quinquevulnera	5.72
20	noctiflora	5.51
33	saxifraga	4.4
-	sedoides	2.011
845	SMILAX	
01	aspera	8.51
847	SOLANUM	
03	alatum	3.321
01	dulcamara	8.43
-	lycopersicum	3.323
850	SONCHUS	
-	glaucescens	2.011
-	maritimus	2.61
851	SORBUS	
01	aria	8.42
14	torminalis	8.421
853	SPARGANIUM	
06	neglectum	1.513
856	SPERGULA	
01	arvensis	2.412
857	SPERGULARIA	
04	rubra	3.331
862	STACHYS	
11	rectus	5.32
15	silvatica	8.43
863	STAEHELINA	
01	dubia	5.622
865	STELLARIA	
06	media	3.31
-	uliginosa	1.611
867	STIPA	
02	capillata	5.51
-	juncea	5.622
882	TARAXACUM	
13	officinale	5.421
889	TETRAGONOLOBUS	
01	siliquosus var. maritimus	2.61
01	siliquosus var. genuinus	5.431
890	TEUCRIUM	
-	aureum	5.611
05	montanum	5.6
08	scordioides	1.514
10	scorodonia	8.311
893	THESIUM	
04	divaricatum	5.6
901	TORILIS	
01	arvensis	8.43

Nr.	Gattung/Art	Soz.Verh.
903	TRAGOPOGON	
-	australis	5.511
910	TRIFOLIUM	
09	cherleri	5.721
15	glomeratum	5.721
19	lappaceum	5.432
31	pratense	5.421
41	stellatum	5.512
44	subterraneum	5.721
911	TRIGLOCHIN	
-	bulbosum	2.411
912	TRIGONELLA	
03	monspeliaca	5.512
913	TRINIA	
01	glauca	5.6
915	TRISETUM	
04	flavescens	5.421
924	ULEX	
01	europaeus	5.123
925	ULMUS	
03	minor	8.43
926	UMBILICUS	
01	rupestris	4.2
928	URTICA	
03	pilulifera	3.323
04	urens	3.31
932	VALANTIA	
01	muralis	5.512
933	VALERIANA	
15	tuberosa	5.611
934	VALERIANELLA	
05	eriocarpa	5.512
-	pumila	3.412
935	VALLISNERIA	
01	spiralis	1.3
939	VERBASCUM	
02	blattaria	6.212
06	lychnitis	6.1
-	majale	6.212
11	sinuatum	5.511
941	VERONICA	
27	officinalis	8.3
32	polita	3.3
45	teucrium	8.4
942	VIBURNUM	
02	opulus	8.43
943	VICIA	
23	pannonica	
28	sativa angustifolia	
944	VINCA	
03	minor	

Nr.	Gattung/Art	Soz.Verh.
945	VIOLA	
01	alba	8.511
06	canina	5.123
20	mirabilis	9.42
27	riviniana	8.4
33	tricolor ssp. arvensis	3.41
35	kitaibeliana	5.512
949	VULPIA	
01	bromoides	5.721
04	membranacea	2.91
956	XANTHIUM	
04	spinosum	3.323
957	XERANTHENUM	
03	inapertum	5.51

Um bestimmte Vegetationsformen übersichtlicher darzustellen, wurde die Stetigkeitstabelle in verschiedene Teiltabellen untergliedert, die einzeln ausgewertet wurden.

Tabelle 86 a: Ölbaumkulturen

Art/ lfd. Nr.	21	23	22	1	26	28	LF	Anat.
Olea europaea	4	4	2	2	2	1	P	sk
Pinus maritima					+		P	sk
Ceratonia siliqua			3				P	sk
Quercus ilex					+		P	sk
Pistacia lentiscus	+		+		+	1	N	sk
Smilax aspera		+		2	+		N	sk
Calycotome spinosa					3	+	N	sk
Spartium junceum					1	+	N	sk
Rubus caesius	r		r				N	m
Rhamnus alaternus				1			N	sk
Lonicera implexa				1			N	sk
Clematis flammula				1			N	m ?
Globularia alypum					+		N,C	sk
Euphorbia spinosa	r	r	+		1	r	C	sk
Asparagus acutifolius		+		+			C	sk
Sedum reflexum	r		r				C	su
Ononis repens		+					C	m
Ruta graveolens				1			C	?
Helianthemum roseum				+			C	sk,m
Thymus serpyllum			r				C	sk
Brachypodium pinnatum	+	2	3	3	5	5	H	m,sk
Psoralea bituminosa	r	2	+	1	1	1	H	sk
Dactylis glomerata	2	2	2		1	+	H	m
Kentranthus ruber		r		2	1	+	H	m
Inula viscosa	r	1	r		+		H	sk
Foeniculum vulgare	r		r		+	+	T,H	m ?
Linum strictum		r	r	+			H	m
Convolvulus altheoides			r		+	+	H	m
Melilotus officinalis	+			1		1	H	m,sk
Poa nemoralis	3	3	3				H	m,sk
Galactites tomentosa				4	2	1	T,H	sk
Echium vulgare	r		r			r	H	sk
Arnoseris autumnale	1	1					T ?	?
Euphorbia cyparassias			r	+			H	m
Eryngium campestre					r	+	H	sk
Hieracium pilosella	r			+			H	m
Avena fatua	r		r				T	m
Medicago lupulina			r		1		T,H	m
Coronilla varia	+		r				H	m
Nigella damascena				r		+	T	m
Lotus spec.				1			H	m
Anagallis arvensis				+			T,H	m
Stachys recta			r				H	sk,m
Urospermum dalechampii			r				H	sk
Lebensformenspektrum :								
Phanerophyten (P)	27	22	28	8	16	6	%	
Nanophanerophyten (N)	7	6	6	18	25	17	%	
Chamaephyten (C)	1	12	7	12	6	-	%	
Hemikryptophyten (H)	57	54	58	53	45	66	%	
Therophyten (T)	8	6	1	10	8	11	%	
Geophyten (G)	-	-	-	-	-	-	%	

Tabelle 86 b: Pflanzensoziologische Auswertung

Ges./lfd.Nr.	21	23	22	1	26	28
8.51	10	6	6	23	9	9
6.1	10		1			
5.71					18	5
5.62				6		5
5.51	4	25	9	31	21	22
5.4	50	36	34		13	5
5.32	10	24	39	20	27	45
5.23			1			
4.2	2	1	6		6	1
4.11		1		11	4	5
3.3	14		3	9		10

Die pflanzensoziologische Auswertung der Ölbaumkulturen ließ folgende Aussagen über die Aufnahmeflächen zu:

Die Aufnahmen 21, 23, 22 und 28 stellen typische Ölbaumkulturen in Nutzung dar, worauf der hohe Anteil der Unkraut-Arten (3.3) hinweist, die in verwilderten Kulturen von anderen Arten verdrängt werden. Neben den Unkräutern besteht die Bodenvegetation dieser lichten Baumbestände aus hemikryptophytenreichen Trockenrasenpflanzen (5.32 und 5.51).

Aufnahme 26 scheint eine verwilderte Kultur zu sein, die von Nanophanerophyten der Cistrosen-Heiden (5.7) besiedelt wird; diese Aufnahme könnte ein Übergangsstadium zur nächsten Aufnahme (1) bilden.

In Aufnahme 1 wurde eine seit langer Zeit verwilderte Kultur erfaßt, die von vielen Macchiensträuchern (8.5) stark durchsetzt ist.

Bei der Auswertung der Lebensformen fällt in allen Aufnahmen die hohe Anzahl von Hemikryptophyten auf, was wahrscheinlich mit dem günstigen Mikroklima unter den Bäumen und Sträuchern zusammenhängt.

Tabelle 87 a: Flaumeichen-Wald (Quercetо pubescentis 8.421)

Art/ lfd.Nr.	7a	7b	LF	Anat.
Quercus pubescens	3	3	P	m
Fraxinus ornus	1	1	P	m
Ostrya carpinifolia	1		P	m,sk
Calycotome spinosa		1	N	sk
Spartium junceum	2	1	N	sk
Cistus albidus	1		N	sk
Erica arborea	1		N	sk
Cistus salviaefolius	1		N	sk
Arbutus unedo	+	+	N	sk
Smilax aspera	2	1	N	sk
Asparagus acutifolius	1		C	sk
Dorycnium hirsutum	1	2	H,C	sk
Brachypodium pinnatum	2	1	G,H	m,sk
Kentranthus ruber	1	2	H	m
Thymus serpyllum		2	C	sk
Bromus erectus	2	1	H	sk,m
Lotus spec.		1	H	m
Urospermum dalechampii		1	H	sk
Galium mollugo		+	H	m

Lebensformenspektrum :

P	26	21
N	38	21
C	8	16
H	23	39
G	5	3

Tabelle 87 b: Pflanzensoziologische Auswertung

Ges./lfd.Nr	7a	7b
8.51	21	9
8.42	30	25
5.71	12	6
5.62		6
5.42		3
5.32	30	25
5.23		13

Der Flaumeichenwald besitzt einen reichhaltigen Unterwuchs mit Macchiensträuchern (8.51 und 5.71) und Trockenrasenkräutern (5.32). Von den Lebensformen überwiegen Nanophanerophyten und Hemikryptophyten. Die Thero-Brachypodietalia (5.51), die die Ölbaumkulturen besiedelten, fehlen im Flaumeichenwald völlig.

Tabelle 88 a: Hohe Macchie mit Cistus salviaefolius und Erica arborea

Art/ lfd.Nr.	10	7c	27	16	LF	Anat.
Erica arborea	1	4	3	3	N	sk
Cistus salviaefolius	4	1	+	2	N	sk
Cistus albidus		1	2	2	N	sk
Calycotome spinosa			+	1	N	sk
Spartium junceum	2	1			N	sk
Pistacia lentiscus			2	1	N	sk
Rhamnus alaternus			r	+	N	sk
Smilax aspera			+	+	N	sk
Lonicera implexa				r	N	sk
Juniperus oxycedrus	1				N	sk
Genista tinctoria	1				N	sk
Pinus halepensis		1	2	1	P	sk
Pinus maritima			2	1	P	sk
Quercus pubescens		1			P	m
Quercus ilex			r		P	sk
Pinus pinea				1	P	sk
Calluna vulgaris	2				Z	sk
Asparagus acutifolius	+	1			C	sk
Dorycnium hirsutum		1	+	3	H,C	sk
Globularia alypum	1	2		r	Z,C	sk
Hieracium pilosella	1		r	r	H	m
Brachypodium pinnatum	2		3		G,H	m,sk
Helichrysum stoechas			r	1	H	sk
Helianthemum roseum	1			r	Z	sk,m
Festuca spec.	2				H	?
Sedum reflexum	1				C	su
Bromus erectus		1			H	sk,m
Ruta graveolens		+			C	?
Dactylis glomerata			+		H	m
Thymus serpyllum			r		C	sk
Onobrychis viciaefolia			r		H	m
Carex flacca				1	H,G	sk,m
Psoralea bituminosa				r	H	sk
Inula viscosa				r	H	sk
Convolvulus althaeoides				r	H	m
Medicago lupulina				r	T,H	m

Lebensformenspektrum :

P	-	13	22	15	%
N	46	47	50	56	%
Z	15	7	-	1	%
C	13	23	3	8	%
H	21	10	17	17	%
T	-	-	-	-	%

Tabelle 88 b: Pflanzensoziologische Auswertung

Ges./lfd.Nr.	10	7c	27	16
8.51	5	8	25	14
8.42		8		
5.71	59	42	27	49
5.62	9	25	16	9
5.51	18		23	1
5.43				1
5.42			4	1
5.41	9			
5.32		17	5	25
5.23			1	

Das starke Vorherrschen der Sträucher (N) aus der Ordnung der Lavanduletalia (Lavendel-Heiden 5.71) kennzeichnen die Vegetationsaufnahmen dieser Tabellen. Pflanzengeographisch konnte man die Aufnahmen Nr. 10, 27 und 16 als hohe Macchie bezeichnen, die als 2 - 4 m hohes Gebüsch aus Dornsträuchern (nach ADAMOVIC 1933) die Küste des Mittelmeeres besiedelt. Die Aufnahme 7 c neigt durch die hohen Chamaephytenanteile und Rosmarinheiden-Anteile (5.62) eher zu einer "niedrigen Macchie", die als Vorstadium der hohen Macchie gelten kann (z.B. nach Bränden).

Tabelle 89 a: Niedrige Macchie mit Cistus albicus und Calycotome spinosa

Art/ lfd. Nr.	17	19	13	18	LF	Anat.
Calycotome spinosa	+	1	2	2	N	sk
Cistus albidus	+	+	1	1	N	sk
Pistacia lentiscus	r	+	1	1	N	sk
Rhamnus alaternus	1	+	1		N	sk
Smilax aspera	r	r	2	1	N	sk
Lonicera implexa		r	1		N	sk
Pinus maritima	+	2		r	P	sk
Pinus halepensis				2	P	sk
Olea europaea		2			P	sk
Euphorbia spinosa			2		C	sk
Asparagus acutifolius			1		C	sk
Brachypodium pinnatum	3	4	3	4	G,H	m,sk
Dactylis glomerata	+	+	1	+	H	m
Carex flacca	1		2	+	H	m
Poa nemoralis	1	+		+	H	m,sk
Helichrysum stoechas	r	r	1		H	sk
Eryngium campestre	r	+	2		H	sk
Globularia alypum	r	+	1		Z,C	sk
Dorycnium hirsutum	1	r		3	H,C	sk
Psoralea bituminosa	r	r			H	sk
Onobrychis viciaefolia		r	2		H	m
Foeniculum vulgare		1	+		T,H	?
Thymus vulgaris		+	1		C	sk
Medicago lupulina	r				T,H	m
Kentranthus ruber		r			H	m
Hieracium pilosella		r			H	m
Thymus serpyllum		r			C	sk
Convolvulus althaeoides		+			H	m
Galactites tomentosa		2			T,H	sk
Bromus erectus			2		H	sk,m
Ruta graveolens			1		C	?
Clematis flammula			1		N	m ?
Sanguisorba minor			1		H	sk,m
Linum strictum	r				H	m
Lavandula stoechas	r	r			C	sk
Serapias vomeracea		r			G	m ?
Anacamptis pyramidalis		r			G	m

Lebensformenspektrum :

P	8	16	–	13	%
N	27	19	28	30	%
Z	–	[illegible]	[illegible]	–	%
C	6	8	17	9	%
H	46	37	46	38	%
T	–	8	2	–	%
G	13	9	5	11	%

Tabelle 89 b: Pflanzensoziologische Auswertung

Ges./lfd.Nr.	17	13	19	18
8.51	18	26	10	12
5.71	9	7	10	16
5.62	2	5	4	16
5.51	48	17	63	28
5.42	8	5	4	4
5.32	16	33	6	24
5.23			1	
4.2		7		
4.11			1	

Im Gegensatz zur hohen Macchie überwiegen in der niedrigen Macchie die Trockenrasenpflanzen (5.51 und 5.32) mit vielen Hemikryptophyten neben den Sträuchern der Steineichenwälder (8.51). Wegen des immer noch hohen Anteils der Nanophanerophyten (19,30 %) neige ich nicht dazu, diese Vegetation bereits als Garrigue zu bezeichnen.

Der sehr hohe Anteil von Arten der Kalktrockenrasen (5.51) könnte sich durch einen vorjährigen Brand erklären, der einen großen Teil der Strauchvegetation vernichtet hat.

In den Lebensformenspektren sind in zwei Aufnahmen (Nr. 17 und Nr. 18) Geophytenanteile über 10 % zu finden, die auf extreme Lebensbedingungen (Sommerhitze) schließen lassen.

Tabelle 90a: Stechginster-Macchie

Art/ lfd.Nr.	24	4	20	25	LF	Anat.
Calycotome spinosa	1	1	1	1	N	sk
Spartium junceum	1	1			N	sk
Erica arborea	+		r		N	sk
Cistus albidus			r		N	sk
Pistacia lentiscus	1	1	+	1	N	sk
Rhamnus alaternus	+	1	+		N	sk
Juniperus oxycedrus		v		+	N	sk
Daphne gnidium		1			N	sk
Smilax aspera	r	2	+	1	N	sk
Lonicera implexa		1	r		N	sk
Pinus maritima	+		1	+	P	sk
Pinus halepensis		1	+		P	sk
Olea europaea		2			P	sk
Ononis repens	2				Z,H	m
Ononis spinosa	3				Z,H	m
Asparagus acutifolius	+	+			C	sk
Rubus caesius	+	2			Z,N	m
Brachypodium pinnatum	4	3	4	2	G,H	m,sk
Dactylis glomerata	1	2	+	+	H	m
Carex flacca	1	1	+	3	H	m
Dorycnium hirsutum	+		+	2	H,C	sk
Kentranthus ruber	1	2	r		H	m
Inula viscosa	1		r	+	H	sk
Thymus serpyllum	+	+		1	C	sk
Psoralea bituminosa	1	1			H	sk
Hieracium pilosella			r	r	H	m
Bromus erectus	4				H	m,sk
Poa nemoralis	2				H	m,sk
Onobrychis viciaefolia	+				H	m
Helichrysum stoechas	+				H	sk
Ruta graveolens	+				C	?
Foeniculum vulgare	+				T,H	?
Eryngium campestre	1				H	sk
Convolvulus althaeoides	+				H	m
Thymus vulgaris	1				C	sk
Sedum reflexum	+				C	su
Stachys recta	r	+			H	sk,m
Lavandula stoechas			r		C	sk
Clematis flammula		1			N	?
Sanguisorba minor		1			H	m,sk
Helianthemum roseum		1			Z	sk,m
Hypericum spec.		1			H	m
Globularia alypum				+	Z,C	sk

Lebensformenspektrum :					
P	3	9	15	6	%
N	15	35	31	27	%
Z	8	7	-	3	%
C	15	7	4	16	%
H	53	37	35	43	%
T	1	-	-	-	%
G	5	5	15	6	%

Tabelle 90 b: Pflanzensoziologische Auswertung

Ges./lfd.Nr.	24	4	20	25
8.51	9	33	18	21
8.43	2	10		
5.71	6	5	14	11
5.62		5	6	5
5.51	21	20	48	21
5.43	4		1	5
5.42	4	10	6	5
5.32	47	5	6	21
5.23	2	2		4
4.11	4	8		

Die Aufnahmen 4, 20 und 25 zeichnen sich aus durch hohe Anteile an Sträuchern der Macchie (8.51), von denen der Stechginster (Calycotome spinosa) in allen Aufnahmen stet ist und daher zur Benennung herangezogen wurde. Die Lebensformenspektren zeigen ca. 30 % Sträucher und ähnliche Anteile an Hemikryptophyten, die zum großen Teil zu den Thero-Brachypodietalia (5.51) gehören und den Bodenbewuchs bilden.

Die Aufnahme Nr. 24 gehört nach der pflanzensoziologischen Analyse nicht zu der Stechginster-Macchie (obwohl der Stechginster in der Aufnahmefläche steht), sondern sie stellt einen Trockenrasenbestand (5.32 und 5.51) mit einigen Gebüschen dar.

Tabelle 91a: Trockenrasenbestände mit Aleppokiefern

Art/ lfd.Nr.	3	9	15	LF	Anat.
Pinus halepensis		2		P	sk
Olea europaea		1		P	sk
Ceratonia siliqua	r			P	sk
Pistacia lentiscus		3		N	sk
Spartium junceum	+			N	sk
Smilax aspera		2	1	N	sk
Clematis flammula		1	1	N	?
Asparagus acutifolius		1	1	C	sk
Ononis spinosa	3			C	m
Thymus serpyllum	+	1		C	sk
Sedum reflexum		1		C	su
Helichrysum stoechas		1		C	sk
Ruta graveolens		3		C	?
Brachypodium pinnatum	2	3	4	H	m,sk
Psoralea bituminosa	1	2	1	H	sk
Onobrychis viciaefolia	2	1	1	H	m
Carex flacca	1	1		H	m
Inula viscosa	+	2		H	sk
Eryngium campestre	+	1		H	sk
Bromus erectus	1	1		H	m,sk
Stachys recta	1	1		H	sk,m
Echium vulgare	1			H	sk
Medicago lupulina	3			T,H	m
Urospermum dalechampii	1			H	sk
Avena fatua	+			T,H	m
Dactylis glomerata	1			H	m
Kentranthus ruber		1		H	m
Melilotus officinalis		2		H	m,sk
Euphorbia cyparassias		1		H	m
Trifolium minimum		1			m ?
Foeniculum vulgare			1	T,H	?
Linum strictum			1	H	m
Galactites tomentosa			1	T,H	sk
Lotus spec.			3	H	m

Lebensformenspektrum :

P	1	9	-	%
N	5	22	20	%
Z	-	-	-	%
C	18	19	-	%
H	62	47	73	%
T	9	-	7	%
G	5	3	-	%

Tabelle 91 b: Pflanzensoziologische Auswertung

Ges./lfd.Nr.	3	9	15
8.51		29	20
5.62		8	20
5.51	16	29	47
5.42	26		
5.43	3	8	
5.32	42	17	13
5.23	3	7	
4.11		4	
3.4	3		
3.34	7		

Die hemikryptophytenreichen Trockenrasen besiedeln im Untersuchungsgebiet ausgedehnte Flächen; innerhalb der Bestände stehen häufig vereinzelte Aleppokiefern. Die Aufnahme Nr. 15 kann als typisch gelten.

Weitere Trockenrasen-Gesellschaften sind in Tabelle 92 enthalten.

Tabelle 92 a: Trockenrasen-Gesellschaften

Art/ lfd.Nr.	2	6	LF	Anat.
Pistacia lentiscus	+		N	sk
Smilax aspera		v	N	sk
Asparagus acutifolius	+		C	sk
Sedum reflexum		v	C	su
Brachypodium pinnatum	3	3	H	m,sk
Psoralea bituminosa	1	2	H	sk
Melilotus officinalis	2	1	H	m,sk
Kentranthus ruber	2	1	H	m
Inula viscosa	1		H	sk
Foeniculum vulgare	1		T,H	?
Convolvulus althaeoides	+		H	m
Stachys recta	+		H	m,sk
Dactylis glomerata		3	H	m
Galactites tomentosa		1	T,H	sk
Anagallis arvensis		1	T,H	m
Hypericum spec.		+	H	m
Lebensformenspektrum :				
P	–	–	%	
N	14	7	%	
Z	–	–	%	
C	–	1	%	
H	82	85	%	
T	4	7	%	
G	–	–	%	

Art/ lfd.Nr.	5	11	LF	Anat.
Sanguisorba minor	1	1	H	m,sk
Lotus spec.	2		H	m
Anagallis arvensis	1		T,H	m
Urospermum dalechampii	1		H	sk
Convolvulus althaeoides	1		H	m
Foeniculum vulgare	1		T,H	?
Kentranthus ruber	1		H	m
Dactylis glomerata		v	H	m
Linum strictum		v	H	m
Arnoseris autumnale		v	T	m
Festuca spec.		v	H	?
Lebensformenspektrum :				
P	–	–	%	
N	–	–	%	
Z	–	–	%	
C	–	–	%	
H	85	80	%	
T	15	20	%	
G	–	–	%	

Art/ lfd.Nr.	14	LF	Anat.
Pinus halepensis	v	P	sk
Quercus pubescens	v	P	m
Juniperus oxycedrus	v	P	sk
Spartium junceum	v	N	sk
Asparagus acutifolius	v	N	sk
Calluna vulgaris	v	C	sk
Thymus serpyllum	v	C	sk
Hieracium pilosella	v	H	m
Globularia alypum	v	N,C	sk
Linum strictum	v	H	m
Sedum reflexum	v	C	su
Galium mollugo	v	H	m
Festuca spec.	v	H	?

Lebensformenspektrum :

P	23	%
N	19	%
Z	-	%
C	27	%
H	31	%
T	-	%
G	-	%

Tabelle 92 b: Pflanzensoziologische Auswertung

Ges./lfd.Nr.	2	6	5	11	14
8.51	9	8			13
8.42					13
5.71					13
5.62			34		25
5.51	36	28	17		
5.42		24		33	13
5.43	9	24			
5.32	27	24	17	67	13
5.23					13
4.11	18	8	17		
3.33		8	17		

In den folgenden Abbildungen werden die Lebensformenspektren zu allen Einzelaufnahmen dargestellt unter Berücksichtigung der skleromorphen Blattanatomie.

Die Blattanatomie der Trockenrasenpflanzen (Xerophyten) kann nach DENFFER (in STRASBURGER 1971) u.a. folgende Anpassungserscheinungen an den extremen Lebensraum aufweisen (sogenannte xeromorphe Strukturen):

1) Reduktion der transpirierenden Blattoberfläche (z.B. Ginster)
2) Verdickung und Verdichtung der Kutikula (z.B. Erdbeerbaum)
3) Wachs- oder Haarüberzüge des Blattes (z.B. Tanne)
4) behaarte Blattunterseite (z.B. Ölbaum)
5) versenkte Stomata (z.B. Seidelbast, Oleander)

Diese Anzahl von Arten mit xeromorphen Strukturen kann als Indikator für die Klimabedingungen des Standortes der Pflanzen dienen; je mehr Arten skleromorph sind, um so trockener und wärmer muß der Standort sein.

Abb. 115: Lebensformenspektren der Ölbaumkulturen
(▒ = Anteil an skleromorphen Arten in %)

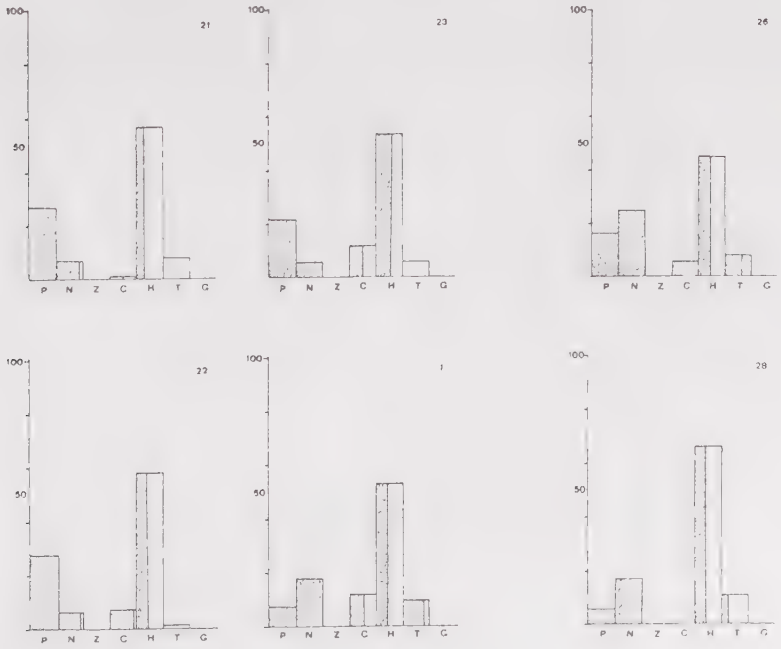


Abb. 116: Lebensformenspektren der Flaumeichenwälder

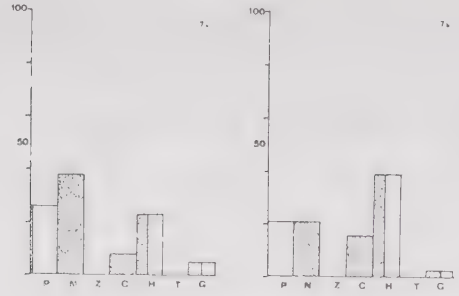


Abb. 117: Lebensformenspektren der hohen Macchie

Abb. 118: Lebensformenspektren der niedrigen Macchie

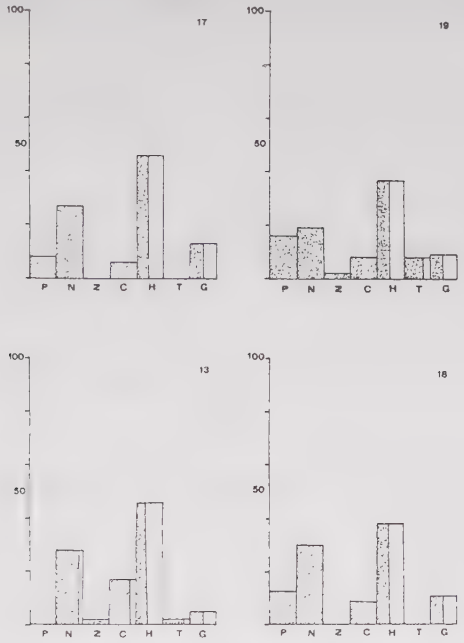


Abb. 119: Lebensformenspektren der Stechginster-Macchie

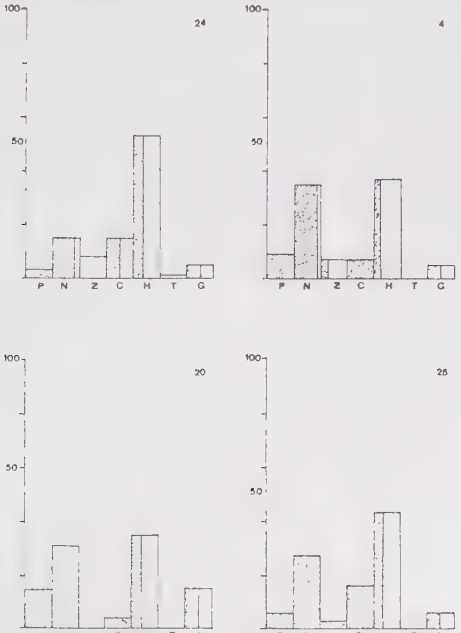
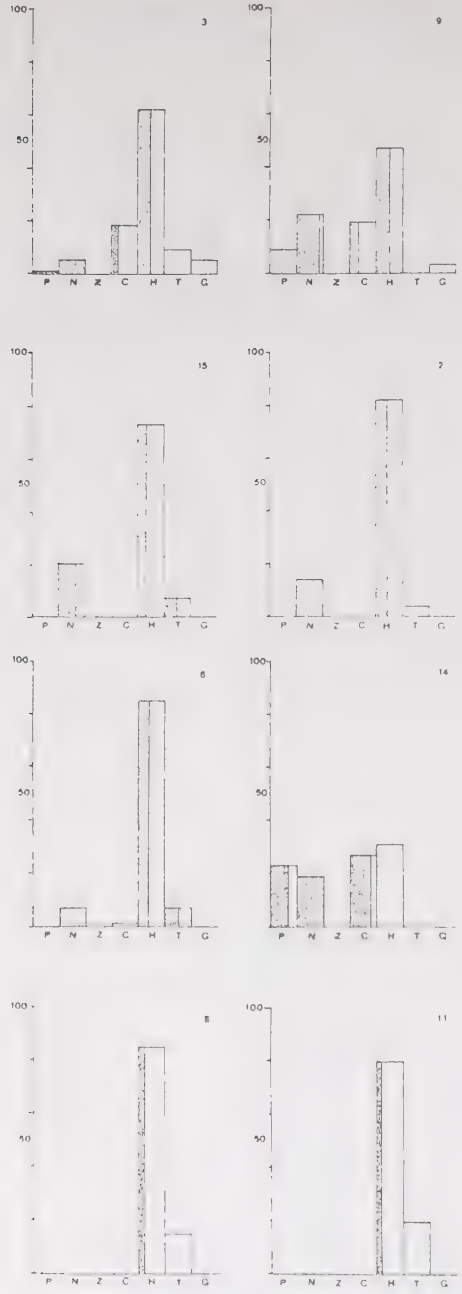


Abb. 120: Lebensformenspektren der Trockenrasen



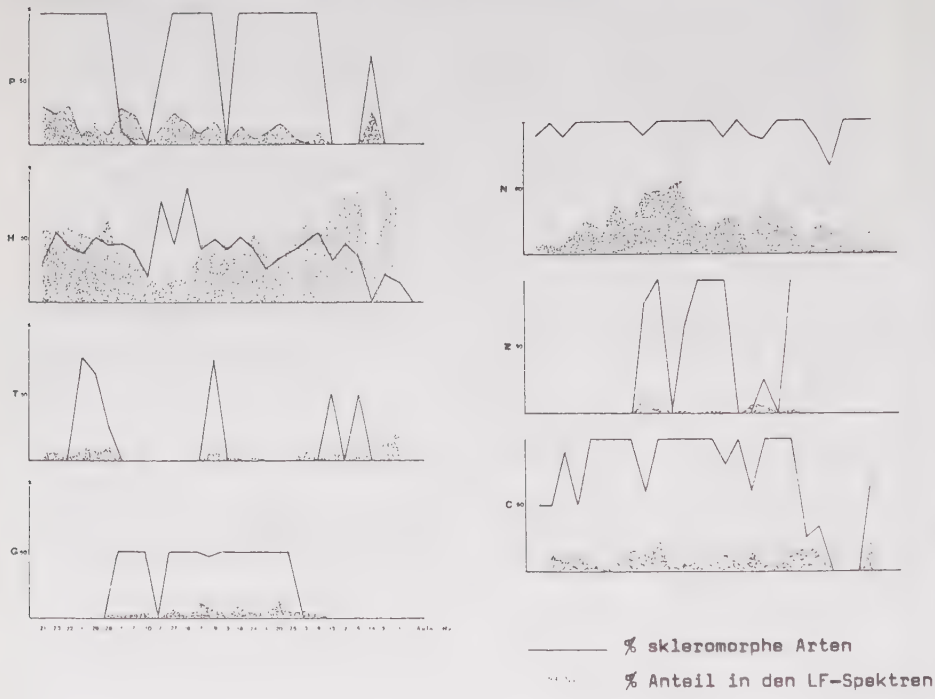
In der Auswertungstabelle (Tabelle 93) aller Vegetationsaufnahmen wird deutlich, daß die mehrjährigen verholzten Pflanzen (P, N und Z) überwiegend ($\leq$ 80 %) skleromorph sind; die Kräuter sind $\geq$ 40 % skleromorph. Die Temperatur- und Wasserbedingungen der Standorte müssen also extrem sein. In gemäßigten Kleinklimaräumen (Flaumeichenwald) geht der Anteil der skleromorphen Arten zurück, was vermutlich auf den Schutz des Laubdaches vor zu starker Sonneneinstrahlung zurückzuführen ist. In den Kiefer-Beständen hingegen ist der Kronenschluß geringer und dementsprechend hoch ist die Sonneneinstrahlung auf die Bodenvegetation, was sich im Lebensformenspektrum durch hohe Anteile der skleromorphen Arten zeigt.

In Abb. 121 sind noch einmal die Anteile der verschiedenen Lebensformen in allen Aufnahmen graphisch aufgetragen mit den Anteilen der skleromorphen Arten.

Tabelle 93: Gesamtanteile der Lebensformen in allen Aufnahmen

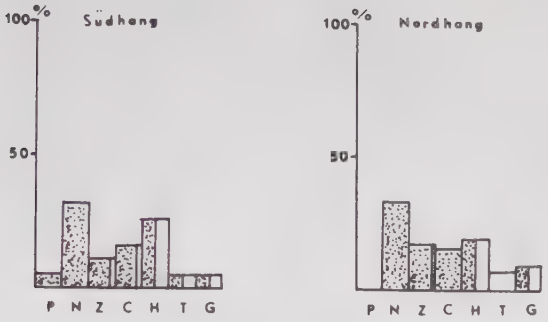
LF	durchschnittlicher Gesamtanteil in allen Aufnahmen	durchschnittlicher Gesamtanteil an skleromorphen Arten
P:	14,6 %	91,3 %
N:	24,5 %	95,6 %
Z:	2,9 %	84,3 %
C:	6,0 %	81,4 %
H:	26,0 %	42,0 %
T:	5,7 %	57,1 %
G:	1,6 %	49,8 %

Abb. 121: Lebensformenspektren (Analyse mit skleromorphen Arten)



An zwei Vegetationsaufnahmen einer Zistrosen-Macchie aus dem Jahre 1978 soll durch die Lebensformenspektren der klimatische Unterschied beider Standorte verdeutlicht werden.

Abb. 122: Lebensformenspektren einer Zistrosenmacchie an unterschiedlich exponierten Standorten

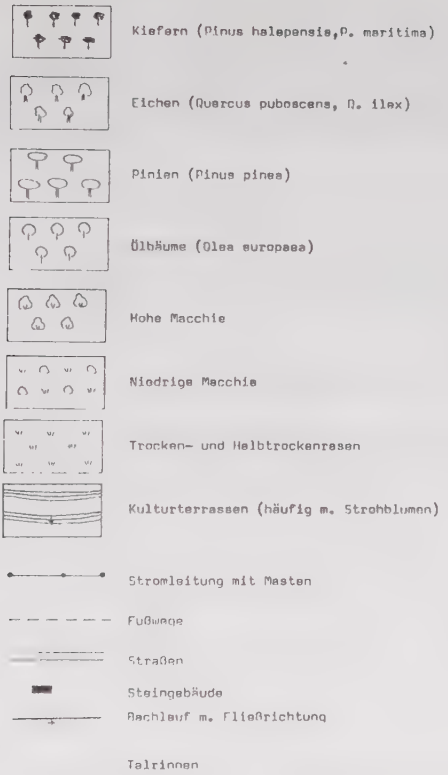


Die Auswertung ergab, daß am Südhang der Anteil der skleromorphen Arten bei 72 % lag, während in der gleichen Pflanzengesellschaft am Nordhang der Anteil der skleromorphen Arten nur 64 % betrug. Temperaturmessungen an den Standorten zeigten min. 4° C bis max. 12° C höhere Temperaturen an den Südhängen (vgl. Anhang).

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß die Pflanzen im Untersuchungsgebiet in hohem Maße an die Klima- und Bodenbedingungen angepaßt sind. Unterschiede im Kleinklima lassen sich durch die Vegetationsanalyse erarbeiten. Da noch zu wenig anderes Datenmaterial vorliegt, kann über die Ökologie dieser Pflanzen noch nicht mehr ausgesagt werden. In der Abb. 123 wird eine vorläufige Vegetationskarte des Untersuchungsgebietes vorgestellt, die jedoch noch vervollständigt werden muß.

342
312
275
150
100
50
LAIGUEGLIA / ITALIA
M.:

Legende zu Abb. 123



Aus der Vegetationsakrte geht hervor, daß die voll ausgeprägte hohe Macchie nur auf dem höchsten Berg (371 m), der das Untersuchungsgebiet im Norden begrenzt, vorkommt. Die übrigen Höhen sind von der niedrigen Macchie und von Trockenrasen bedeckt. Die unteren Lagen des kartierten Tales werden mit Olivenkulturen bewirtschaftet, während die höher gelegenen Südhänge mit Strohblumen bewirtschaftet werden.

6.5 Weiterführende Arbeitsmöglichkeiten

KLEINKLIMAMESSUNGEN

Da die Vegetation der Mittelmeerländer stark von Klimaeinflüssen abhängt, liefert die Erfassung der Kleinklimaverhältnisse in verschiedenen Expositionen und Pflanzengesellschaften wichtige Ergebnisse zur Ökologie der mediterranen Pflanzen.

Wichtige Faktoren: Temperatur der Luft — Ergebnisse hierzu
Temperatur des Bodens — im Anhang
Evaporationsmessungen — Ergebnisse
Luftfeuchtigkeitsmessungen der Luft — hierzu
Luftfeuchtigkeitsmessungen am Boden — im Anhang
Windmessungen
Lichtmessungen

TEMPERATURMESSUNGEN AN PFLANZEN

Neben den Kleinklimamessungen liefern Temperaturmessungen an Pflanzenorganen wertvolle Ergebnisse zur Ökologie der Pflanzen (erste Ergebnisse dazu sind im Anhang zu finden).

UNTERSUCHUNGEN ZUM WASSERHAUSHALT

- Bestimmen des Wassergehaltes, der Wasserkapazität, des Porenvolumens des Bodens
- Untersuchungen zur Stomatadichte und Spaltöffnungsweite mit der Kollodium-Methode
- Bestimmen der elektrischen Leitfähigkeit der Blätter als Maß für die Transpiration
- Bestimmung des osmotischen Drucks im Zellsaft verschiedener Pflanzen verschiedener Standorte

UNTERSUCHUNGEN ZUM STRAHLUNGSHAUSHALT

- Lichtsummenmessungen an verschiedenen Standorten
- Quantitative CO_2-Messungen an verschiedenen Standorten
- Messungen der Bodenatmung

UNTERSUCHUNGEN ZU ANDEREN PHYSIKALISCHEN UND CHEMISCHEN FAKTOREN

- Vergleichende Vegetations- und Bodenuntersuchungen zur Bioindikation
- Untersuchung der Wurzelsysteme verschiedener Pflanzenarten

7. Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit wurden ökologische Arbeitsmöglichkeiten in verschiedenen Lebensräumen (Wald, Gewässer, Insel, Mittelmeer) vorgestellt. Untersucht wurden verschiedene Standorte in diesen Lebensräumen unter besonderer Berücksichtigung eines wesentlichen Standortfaktors mit einfachen Hilfsmitteln.

Neben einer umfangreichen Darstellung und Erprobung wichtiger kartographischer, bodenkundlicher, klimatologischer und pflanzensoziologischer Untersuchungsmethoden wurden im Einzelnen untersucht :

- der Lichtfaktor als wesentlicher Standortfaktor für die Waldbodenvegetation
- die Zeigerfunktion von Bodenpflanzen für die ökologische Kartierung verschiedener Waldgesellschaften
- die exemplarische Pflanzenkartierung eines nährstoffarmen Sees im Vergleich zu einem nährstoffreichen See
- der Bodensalzgehalt als wesentlicher Standortfaktor für die Vegetation der Inseln
- die Zeigerfunktion verschiedener Inselpflanzen für den Bodensalzgehalt und die Ermittlung des Salzgehaltes der Pflanzen
- die Lebensformenspektren verschiedener mediterraner Pflanzengesellschaften als Ausdruck ihrer Ökologie.

Für alle Lebensräume wurden standortbezogene pflanzensoziologische Übersichten mit Bestimmungsschlüsseln erstellt, die die Orientierung erleichtern und dem Nicht-Ökologen als methodische Hilfe dienen. Für den Mittelmeerraum wurde eine erste pflanzensoziologische Übersicht erarbeitet, da eine solche bisher nicht vorlag; dazu wurde ein Artenverzeichnis mit den Charaktereinheiten dieser Vegetationseinheiten angefertigt.

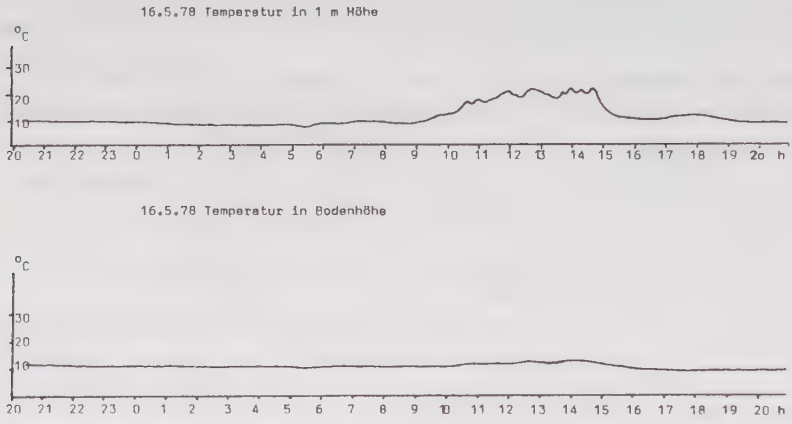
Im Anhang werden einige einfache, leicht selbst herstellbare Meßgeräte vorgestellt, die ohne großen materiellen Aufwand ökologische Untersuchungen auch in Schulen ermöglichen.

Eine Zusammenstellung der häufigsten Pflanzenarten zu "Ökologischen Gruppen" der verschiedenen Standorte (Lebensräume) schließt den Anhang ab.

8. Anhang

8.1 Untersuchungsergebnisse pflanzenökologischer Messungen im Mittelmeerraum

8.1.1 Tageslauf der Temperatur an einem Südhang (Schreiberkurve)



Während sich die Luft in der Mittagszeit relativ stark aufheizt, hält sich die Temperatur in Bodenhöhe konstant unter dem Einfluß der Vegetation.

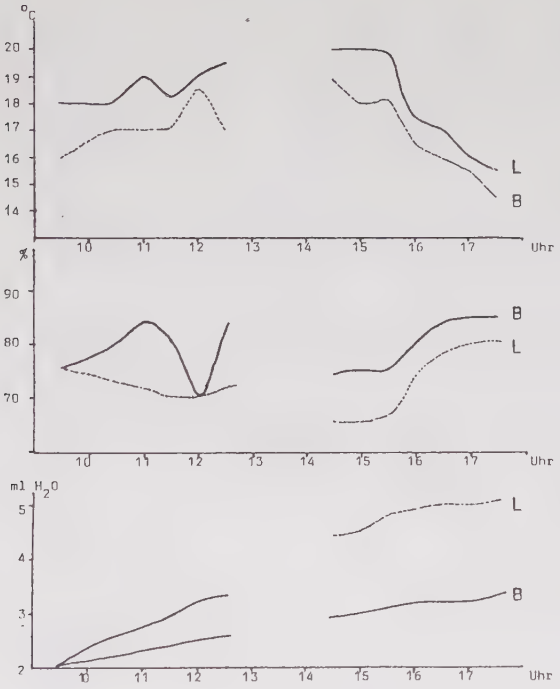
Die Messung erfolgte mit einem Doppelthermograph mit Meßfühlern. Der Meßfühler zum oberen Diagramm (Luftmessung) ragte frei in die Luft, während der zweite Fühler waagerecht in Bodenhöhe exponiert wurde.

Die Vegetation am Klimameßpunkt setzte sich zusammen aus :

Inula viscosa	4	Lebensformenspektrum:
Pistacia lentiscus	3	
Helichrysum stoechas	2	N : 18 %
Foeniculum vulgare	2	
Psoralea bituminosa	1	C : 6 %
Lotus creticus	1	
Hypochoeris radicata	1	H : 68 %
Galactites tomentosa	1	
Centranthus ruber	1	T : 8 %
Asparagus acutifolius	r	
Scabiosa columbaria	1	
Leontodon hispidus	r	
Thymus vulgaris	1	Vegetationsdichte : 100 %

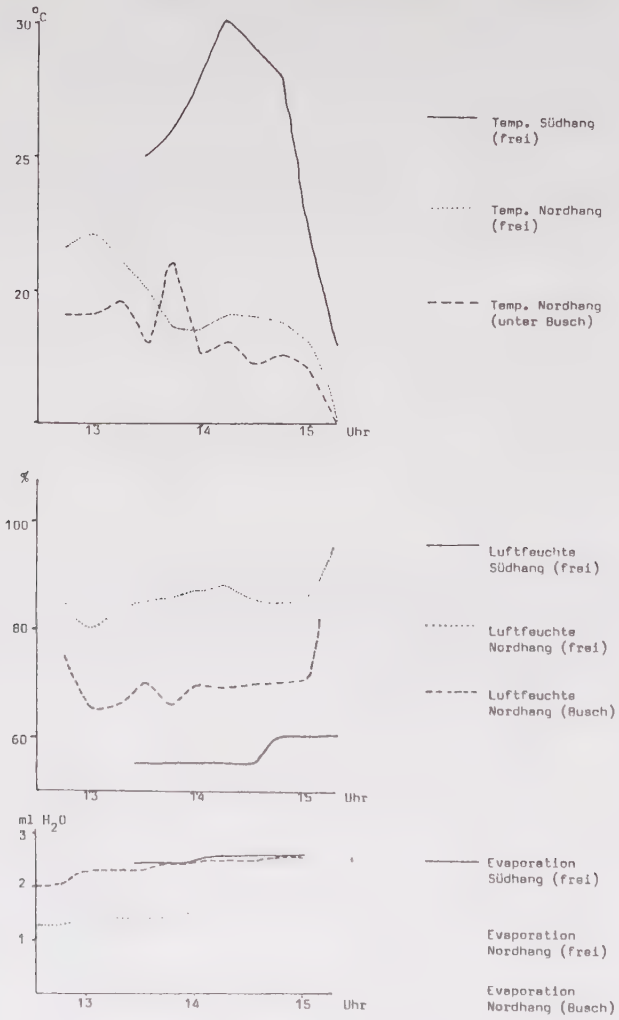
Die Lage am Südhang deutet auf extreme Insolation, was die Analyse der sklero-morphen Arten bestätigt: 69 % aller Pflanzen sind skleromorph und 62 % der Hemikryptophyten zeigen Anpassungen an trockene Standorte.

8.1.2 Temperatur, Luftfeuchte und Evaporation an einem Südhang (Einzelmessungen in ca. 2 m Höhe und am Boden)

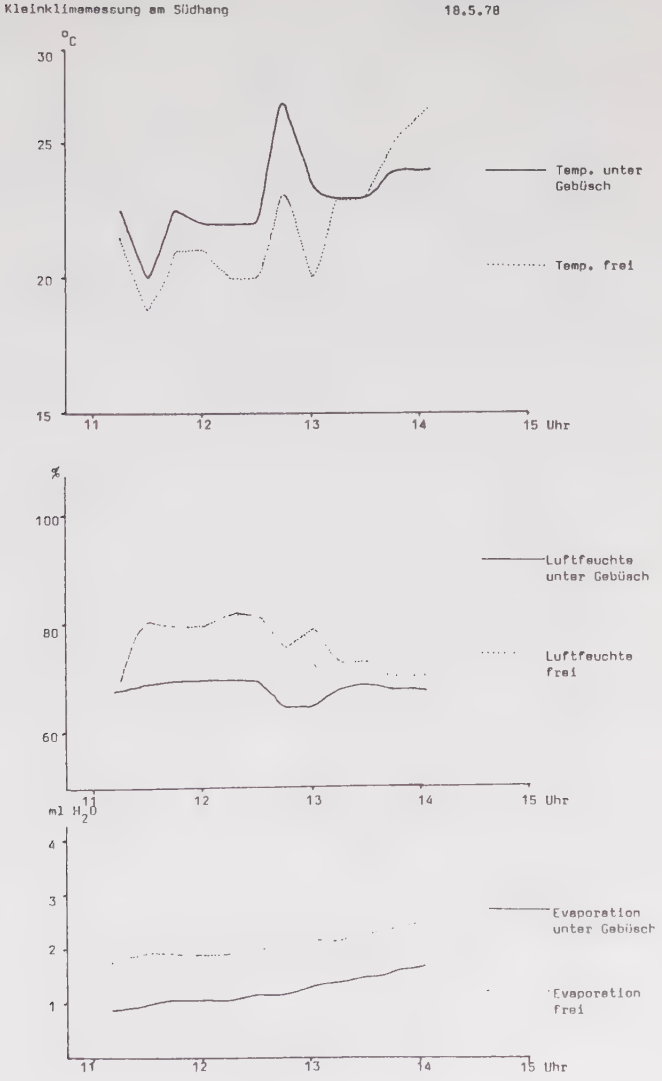


Luftwerte : L-Kurve Bodenwerte : B-Kurve

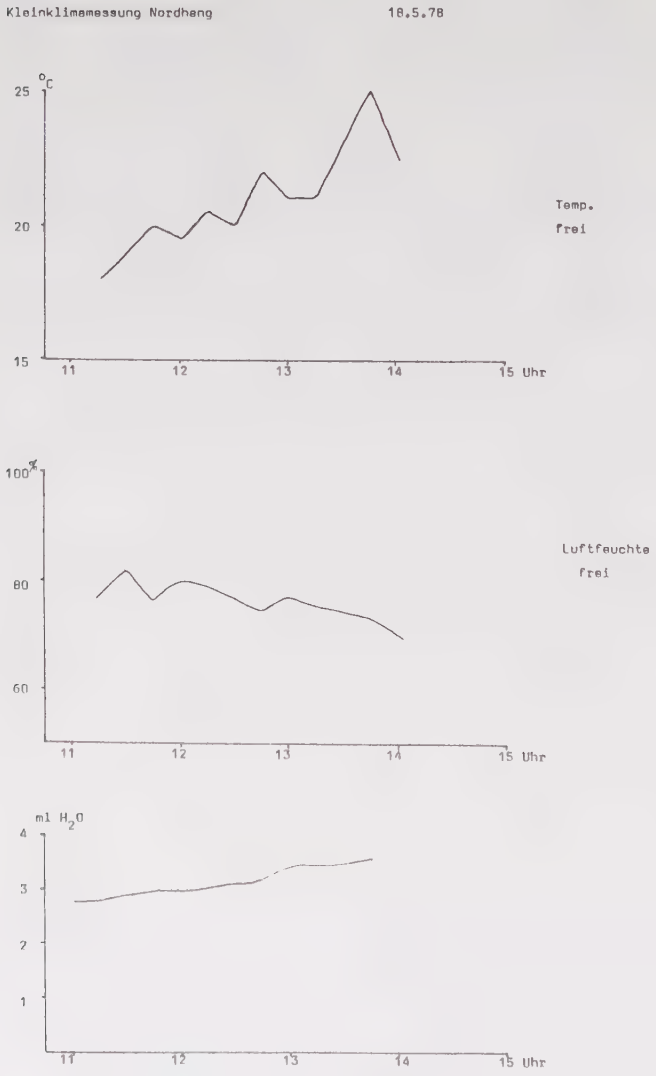
8.1.3 Temperatur, Luftfeuchte und Evaporation an einem Nord- und an einem Südhang (Einzelmessungen)



8.1.4 Temperatur, Luftfeuchte und Evaporation an einem Südhang in der hohen Macchie (Einzelmessungen)

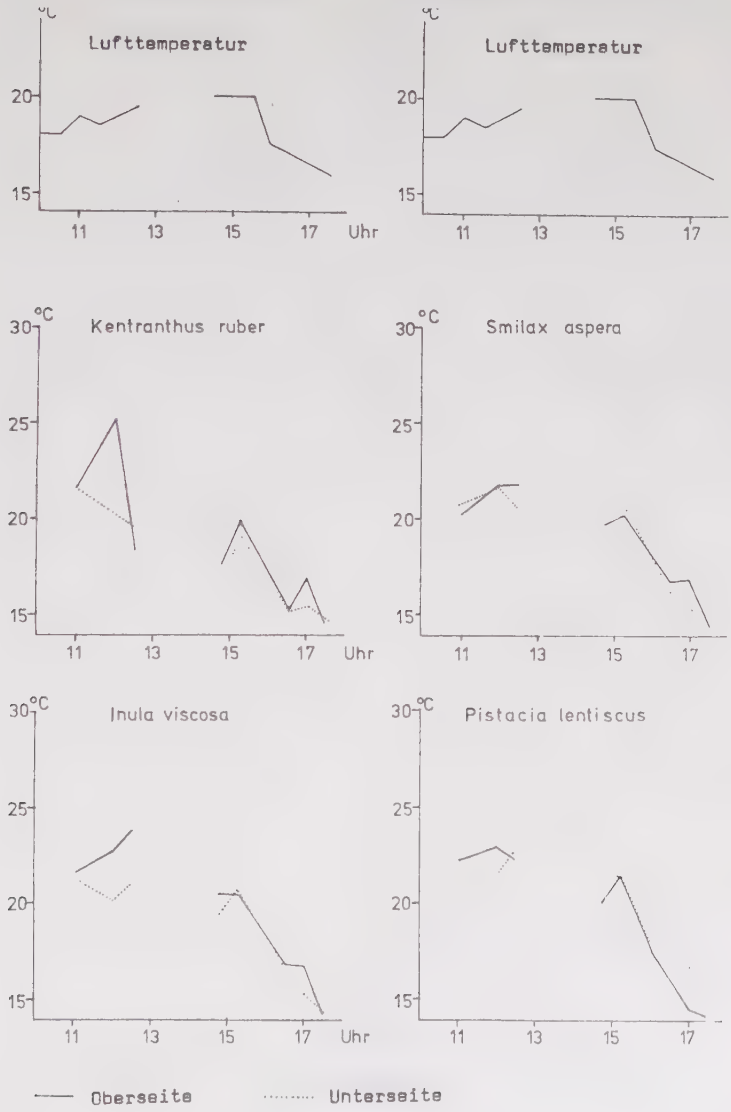


8.1.5 Temperatur, Luftfeuchte und Evaporation an einem Nordhang in der hohen Macchie (Einzelmessungen)

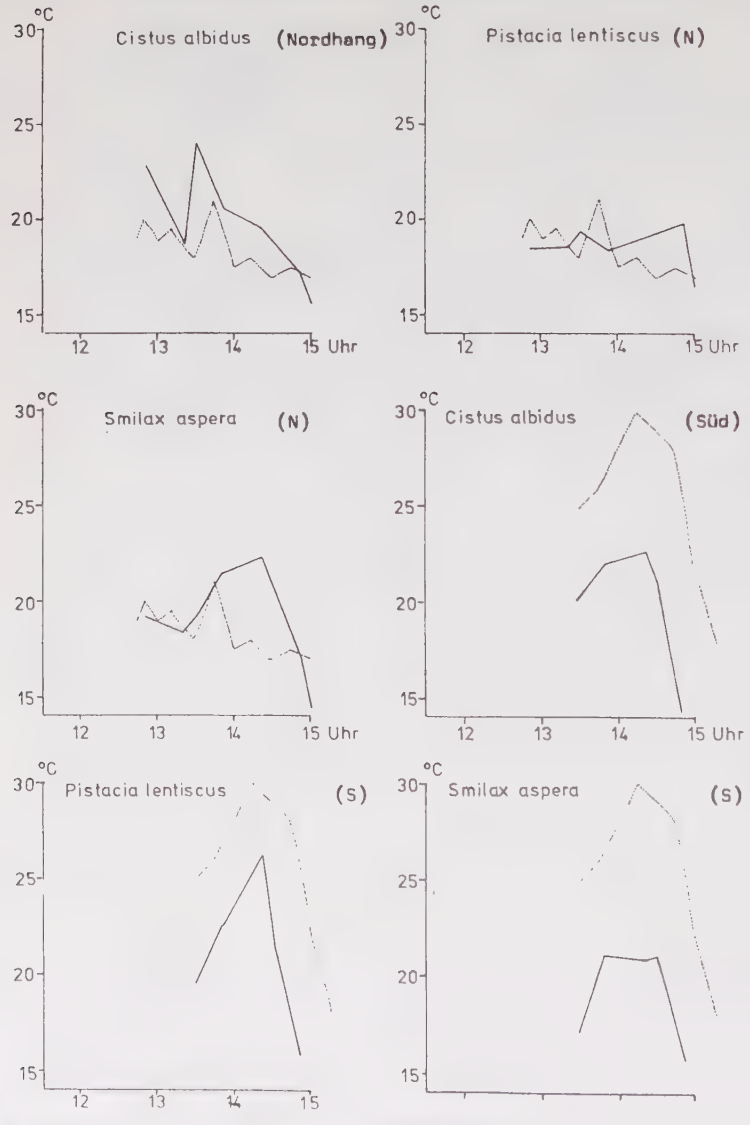


8.1.6 Temperaturmessungen an einigen Macchienpflanzen

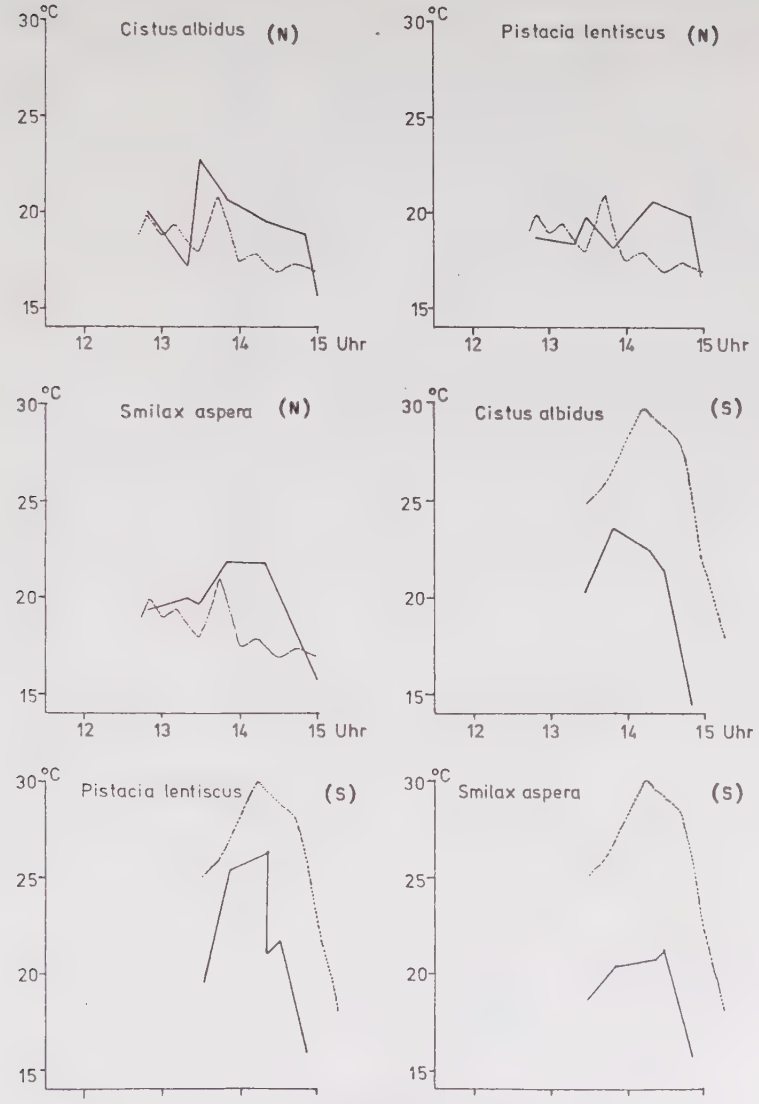
Methode: YSI-Thermistor mit Haarklammer und Wheatstone-Meßbrücke



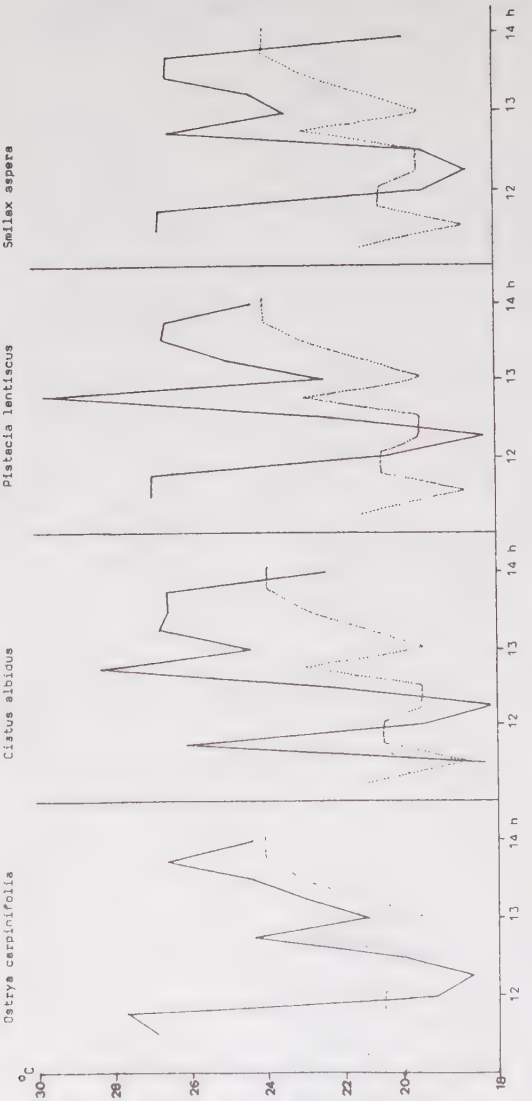
8.1.7 Temperaturmessungen der Blattoberfläche an einigen Macchienpflanzen



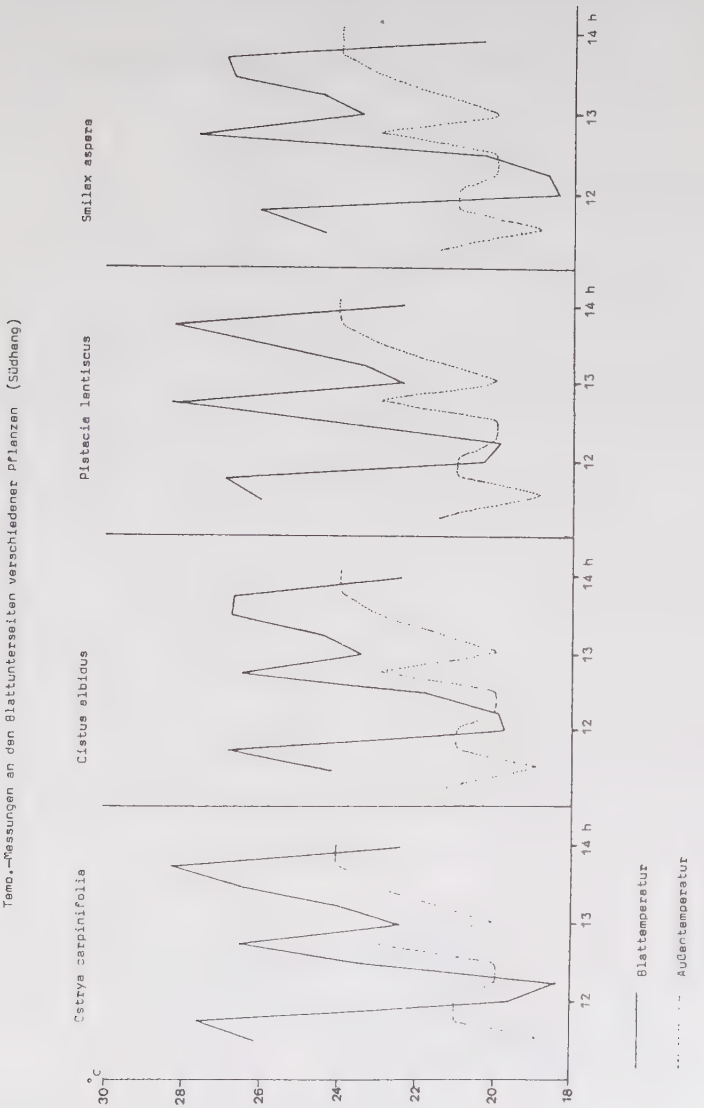
8.1.8 Temperaturmessungen der Blattunterseite an einigen Macchienpflanzen



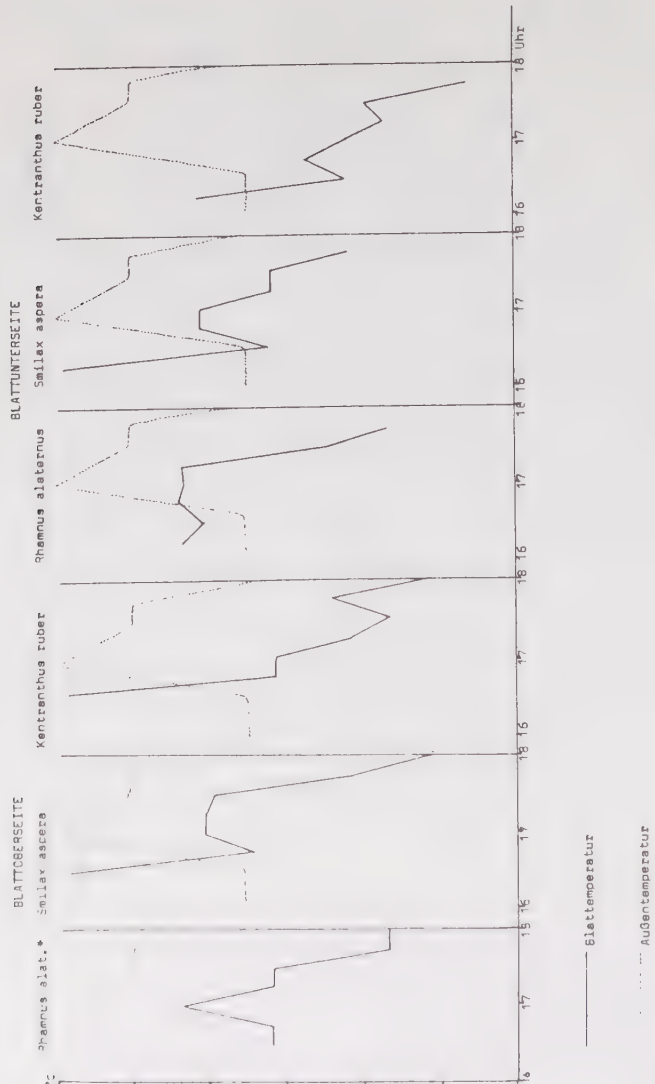
8.1.9 Temperaturmessungen an den Blattoberseiten verschiedener Macchienpflanzen



8.1.10 Temperaturmessungen an den Blattunterseiten verschiedener Macchienpflanzen



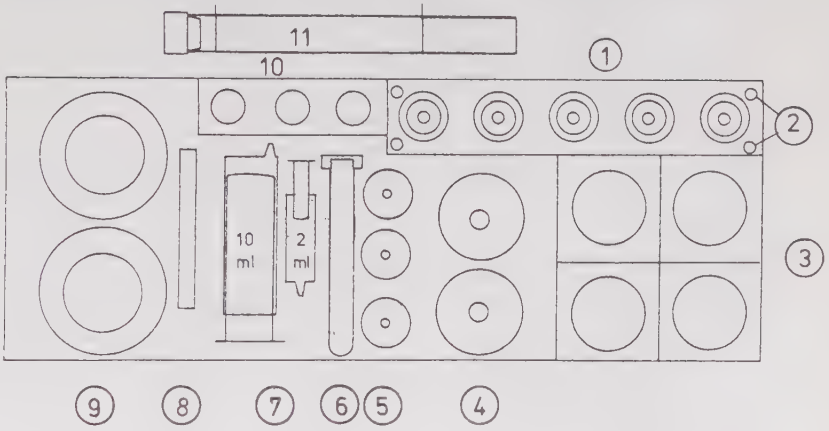
8.1.11 Temperaturmessungen an Pflanzen in ungeschützten Kulturen



8.2 Einfache "Feldlaboratorien" für Boden- und Wasseruntersuchungen

Eigene Erfahrungen in der Praxis haben gezeigt, daß die Zusammenstellung von Reagenzien und Arbeitsgeräten in kleinen Handkoffern sehr sinnvoll ist. Diese Koffer sind auch kurzfristig "einsatzbereit".

8.2.1 Untersuchungskoffer für qualitative Analysen



Inhalt:

1 5 Pipettenflaschen mit Reagenzien für Kalium, Phosphat, Stickstoff und Bodenreaktion (fertiger Bestimmungssatz für Gartenerde) mit Farbskala

2 4 kleine Reagenzgläser (im Bestimmungssatz enthalten)

3 4 leere Probeflaschen (für Grundwasser, Oberflächenwasser o.ä.)

4 je 1 Spritzflasche mit Silbernitratlösung und verd. Salzsäure

5 je 1 kl. Tropfflasche mit Neßlers Reagenz A + B und Natrium-tetraphenylboratlösung

6 Reagenzgläser mit Schraubverschluß (Plexiglas)

7 Einwegspritzen

8 Indikatorstäbchen für die pH-Messung

9 Sauerstoffflaschen (ausgewogene Schliffstopfenflaschen)

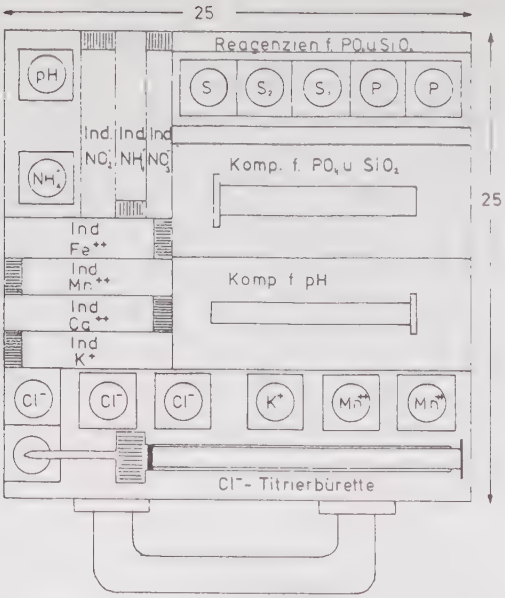
10 Reagenzglashalter mit 3 Reagenzgläsern für die Schlämmanalyse

11 Reagenzglas für die Schlämmanalyse im Gelände :
untere Marke : 2,5 cm vom Boden entfernt (für Bodenprobe)
obere Marke : 8 cm vom Boden entfernt (für Wasser)

Koffermaße : L (47 cm), B (15,5 cm), H (13,5 cm)

Im Deckel sind noch weitere Plastik-Reagenzgläser sowie 5 Pasteurpipetten und 1 Plastiktrichter mit Filterpapier untergebracht.

8.2.2 Untersuchungskoffer für halbquantitative Untersuchungen



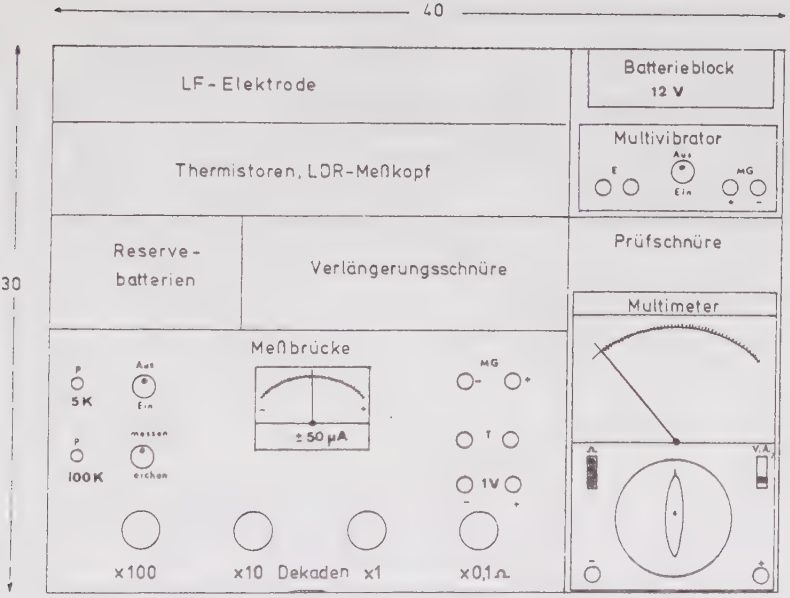
Inhalt: MERCKOQUANT Ca^{2+}- Teststäbchen
MERCKOQUANT K^{+} - Teststäbchen
MERCKOQUANT NO_3^{-}- Teststäbchen
MERCKOQUANT NO_2^{-}- Teststäbchen
MERCKOQUANT Fe^{++}-Teststäbchen
MERCKOQUANT Mn^{++}- Teststäbchen
MERCKOQUANT NH_4^{+}- Teststäbchen
AQUAMERCK Bestimmungssatz für pH mit Komparator
AQUAMERCK Bestimmungssatz für Phosphat und Silikat mit Komparator
AQUAQUANT Bestimmungssatz für Chlorid mit Bürette und Reagenzien
mehrere Plastik-Reagenzgläser sowie eine Flasche Aqua dest.

In der Abbildung bedeuten : Reagenzienflaschen zu den Bestimmungssätzen und Indikatorstäben

8.3 Konstruktion einfacher Meßgeräte

8.3.1 Koffer mit Universalmeßgerät für Temperatur-, Licht- und Leitfähigkeitsmessungen

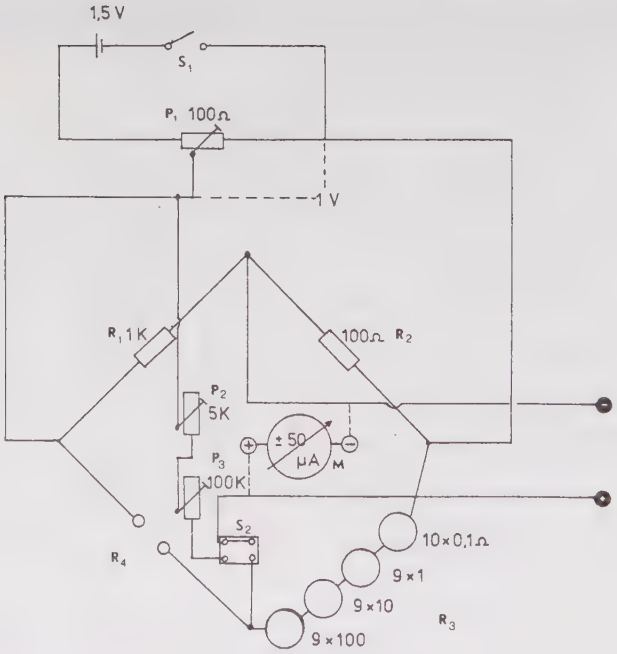
Auf der Basis eines Vielzweckmeßgerätes* läßt sich durch den Bau einiger Zusatzgeräte leicht der Anwendungsbereich auf ökologische Messungen erweitern. Meßgerät und Zubehör in einem Koffer untergebracht ergibt eine "mobile Meßstation".



*) Richtwerte für die Meßbereiche: Widerstand (R) : 1 M
Gleichstrom (DCA) : 50 uA

8.3.1.1 Meßbrücke nach KREEB (1977)

Wie eigene Erfahrungen gezeigt haben, sind nur wenige käufliche Thermistoren und NTC-Widerstände empfindlich genug um noch Messungen unter 1°C zu ermöglichen. Daher wird der zusätzliche Einbau der Meßbrücke nach KREEB (1977) empfohlen, die für NTC-Meßfühler konstruiert ist und recht empfindlich reagiert.



Legende: S_1 = Ein/Aus Schalter, S_2 = Umschalter für Eichung (links) oder Brückenschaltung (rechts = messen)

M = Meßwerk $\pm$ 50 µA oder Universalmeßgerät-Anschluß (+ und -)

P_1 = 100 Ω-Potentiometer zur Einstellung der Brückenspannung (1V), die bei Inbetriebnahme an den durch "1V" gekennzeichneten Punkten abgegriffen wird

P_2 = 5 kΩ-Potentiometer zur Feineinstellung des Meßwerk-Ausschlages (+ 40 µA bei 1 V)

P_3 = 100 kΩ-Potentiometer zur Grobeinstellung des Meßwerk-Ausschlages (+ 40 µA bei 1 V)

R_1, R_2 : Brückenwiderstände lt. Skizze

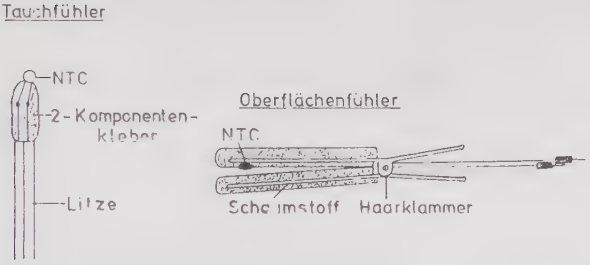
R_3 : Abgleichwiderstand der Brücke (hier: 1 kΩ-Dekade), der zur reproduzierbaren Messung exakt einstellbar sein soll

R_4 : NTC-Meßfühler mit NTC (1,5 kΩ bei 20°)

8.3.1.2 Thermistoren zur Meßbrücke

Nach der Abbildung lassen sich zwei Typen von Thermistoren selbst herstellen. Geeignete NTC sind:

Heißleiter Typ Q 63084-M 3162-F der Fa. SIEMENS



Fertig montierte Stechfühler sind im Elektronik-Fachhandel erhältlich.

Von den übrigen käuflichen Thermistoren haben sich nur die Widerstandstemperatursonden der Fa. YELLOW SPRINGS INSTRUMENT Co auch im Gebrauch mit dem Universalmeßgerät bewährt.

Geeignete Thermistoren der Serie 400 der Fa. YSI :

Oberflächenfühler : YSI 427 (muß aber noch mit Halteklammer versehen werden)

Stechfühler : YSI 418

Tauchfühler : YSI 402

8.3.1.3 Multivibrator als Zusatzgerät zur Leitfähigkeitsmessung

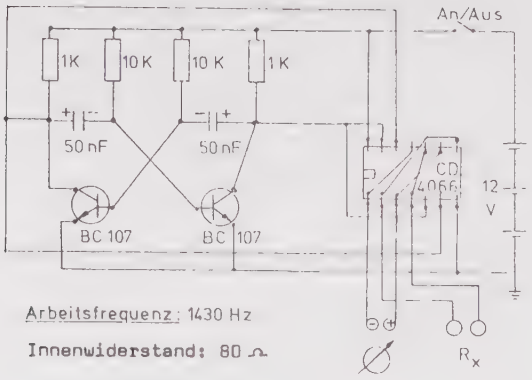
Zur Leitfähigkeitsmessung wird Wechselstrom mit einer Frequenz von ca. 1000 Hz benötigt, um Polarisationserscheinungen an den Elektroden zu vermeiden, die das Ergebnis verfälschen würden.

Da mit einem normalen Universalmeßgerät die Widerstandsmessung nur mit Gleichstrom durchgeführt werden kann, wurde der Multivibrator als Vorsatzgerät konstruiert, der die Leitfähigkeitsmessung mit dem Multimeter ohne Verfälschungen (bei Berücksichtigung der 80 Innenwiderstand) ermöglicht, wie zahlreiche Untersuchungen gezeigt haben.

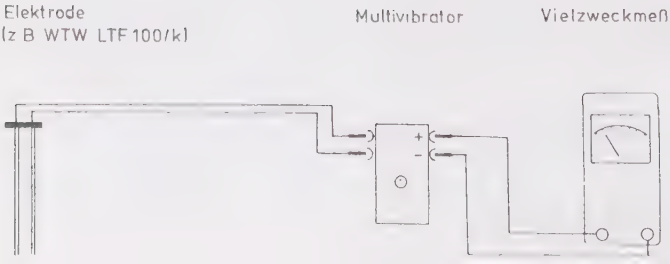
Um die gemessenen Werte (Ω) in die Einheit der Leitfähigkeit (μ S) umzurechnen, gilt die Formel :

$$\frac{1000000}{\Omega} = \text{Leitfähigkeit } (\mu\,S)$$

Schaltskizze des Multivibrators



Meßaufbau



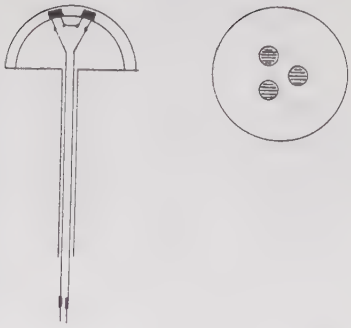
8.3.1.4 Lichtmeßkopf

LDR-Meßkopf

Seitenansicht

Aufsicht

Prinzipschaltung



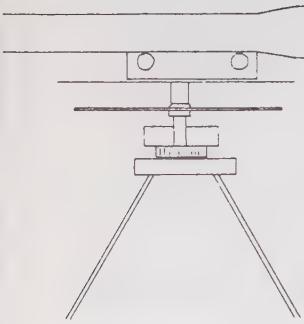
Drei lichtabhängige Widerstände (LDR) werden im Winkel von 120° zueinander auf einer Halbkugel angebracht und hintereinandergeschaltet. Die Anschlüsse werden durch den Handgriff nach außen gelegt.

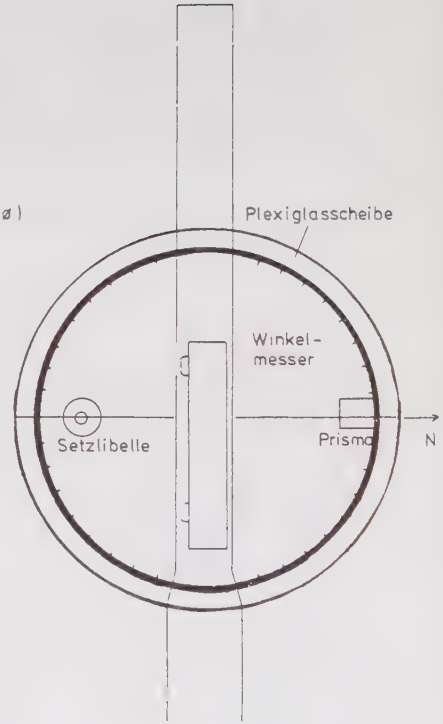
Durch diese Anordnung der LDR wird am Standort die mittlere Beleuchtungsstärke gemessen, da auch seitlich einfallendes Licht durch die geneigte Montage erfaßt und durch die Hintereinanderschaltung kompensiert wird. Im Gegensatz arbeiten die üblichen Lichtmeßzellen mit horizontalen Selenzellen o.ä., denen eine Streuscheibe aufgesetzt wird. Die praktische Erprobung im Vergleich zu einer herkömmlichen (horizontalen) Meßzelle zeigte deutlich unterschiedliche Meßergebnisse in unterschiedlichen Meßhöhen bei der horizontalen Meßzelle, während der Lichtmeßkopf eine gleichmäßige Anzeige in allen Höhen gewährleistete.

Da die Photowiderstände keine linearen Widerstandsänderungen aufweisen, muß der Meßkopf vor Inbetriebnahme gegen bekannte Beleuchtungsstärken geeicht werden; dazu kann man sich, wie auf S. 72 beschrieben, eines normalen Belichtungsmessers mit Streuscheibe bedienen.

Die LDR haben gegenüber den herkömmlichen Selenzellen einen entscheidenden Vorteil : sie zeigen auch im Dauerbetrieb keine Ermüdungserscheinungen und damit keine Meßwertverfälschung.

8.3.2 Einfaches Nivelliergerät

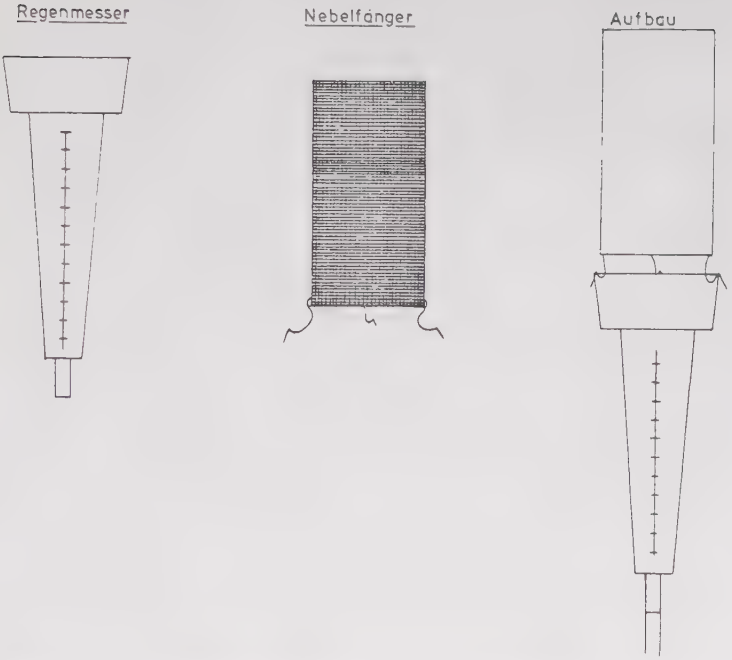




Das seitlich aufgesetzte Prisma ermöglicht die Horizontalwinkel-Ablesung vom Fernrohr aus; da das Prisma um 90^o (bzw. 100^g) von der Fernrohrachse abweicht, muß das Gerät entsprechend nach Westen eingenordet werden, damit die Ableselinie im Prisma auf 0^o oder 0^g weist.

Beim Aufstellen des Gerätes ist auf die richtige Horizontierung zu achten (Setzlibelle), da ansonsten falsche Meßergebnisse erhalten werden.

8.3.3 Regenmesser und Nebelfänger



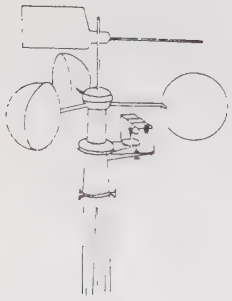
Der abgebildete Regenmesser ist im Gartenfachgeschäft erhältlich; dem Gerät ist ein Adapter zur Befestigung auf Besenstielen o.ä. beigefügt.

Der Nebelfänger besteht aus einem zylindrischen Filterkorb aus Feindrahtgeflecht (⌀ 7 cm, H = 14,7 cm, im Sanitärfachhandel erhältlich), an dem unten drei Drahtfüße befestigt werden, mit dem der Nebelfänger auf dem Regenmesser befestigt wird.

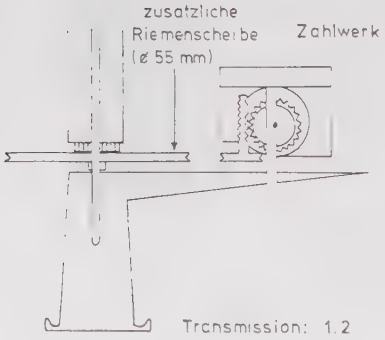
Wird der Nebelfänger selbst hergestellt, sollte seine Mantelfläche 200 cm^2 betragen, um die Niederschlagsmenge besser umrechnen zu können (STEUBING 1965). Für den o.g. Filterkorb ist der Verrechnungsfaktor 0,62 einzusetzen.

8.3.4 Anemometer und Windwegmesser

Ein im Spielwarenhandel käuflicher Bausatz für einen Windmesser* wird durch Umrüstung mit einem Tonbandzählwerk zu einem Anemometer (kurze Ableseintervalle) oder zu einem Windwegmesser (lange Intervalle).



fertig montierter Windmesser



Im dargestellten Beispiel zeigt das Zählwerk zwei Umdrehungen an, wenn sich das Schalenrad einmal gedreht hat. Die oben am Gerät angebrachte Windfahne ermöglicht auch die Bestimmung der Windrichtung.

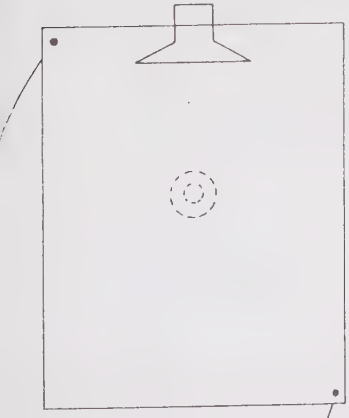
---

*) Lieferfirma: rhön-Plastik, "HEUREKA"-Bausatz Nr. 2

8.3.5 Kurzzeit - Evaporimeter

Das nebenstehend abgebildete Kurzzeit-Evaporimeter läßt sich leicht aus einer Saugkolbenpipette herstellen, indem auf die Pipettenspitze ein einfach durchbohrter Gummistopfen aufgeschoben wird, der als Auflagefläche für die Filterpapierscheiben dient.
Die fehlende Halterung biegt man sich aus Blumendraht o. ä.

8.3.6 Kartierbrett und Kartentisch



Das nebenstehend abgebildete Kartierbrett wird aus einem Sperrholzbrett (30 x 40 cm) hergestellt, an dem zwei gegenüberliegende Ecken durchbohrt werden. Durch diese Bohrungen wird das Trageband gezogen. Diese Befestigung gewährleistet die einhändige Schreibarbeit.
Eine in der Mitte des Brettes von unten eingeklebte Fotogewindeschraube ermöglicht die Befestigung auf einem Fotostativ und den Gebrauch als Kartiertisch (z.B. bei Vermessungen).

8.4 ÖKOLOGISCHE GRUPPEN (Auswahl)

8.4.1 Pflanzen der Wälder (nach HOFMEISTER 1977)

1) Heidekraut-Gruppe	L	F	R	N	Leb.
Calluna vulgaris	8	x	1	1	Z
Festuca ovina	7	3	3	x	H
Rumex acetosella	9	3	2	1	G/H
Hieracium pilosella	7	4	x	2	H

2) Maiglöckchen-Gruppe	L	F	R	N	Leb.
Convallaria majalis	5	4	x	4	G
Galium silvaticum	5	4	7	5	G
Carex digitata	3	4	x	3	H
Carex montana	5	4	5	3	H

3) Waldvögelein-Gruppe	L	F	R	N	Leb.
Cephalanthera damasonium	2	4	7	4	G
Neottia nidus-avis	2	5	7	5	G
Cephalanthera rubra	3	4	8	3	G

4) Heidelbeer-Gruppe	L	F	R	N	Leb.
Vaccinium myrtillus	5	x	2	3	Z
Vaccinium vitis-ideae	5	4	2	2	Z

5) Drahtschmielen-Gruppe	L	F	R	N	Leb.
Deschampsia flexuosa	6	x	2	3	H
Melampyrum pratense	x	x	3	3	T
Holcus mollis	6	5	2	3	G/H
Galium harcynicum	7	5	2	3	C/H
Luzula luzuloides	4	x	3	4	H

6) Dornfarn-Gruppe	L	F	R	N	Leb.
Dryopteris carthusiana	5	x	4	3	H
Luzula pilosa	2	x	5	4	H
Anthoxanthum odoratum	x	x	5	x	T/H
Maianthemum bifolium	3	x	3	3	G

7) Buschwindröschen-Gruppe	L	F	R	N	Leb.
Anemone nemorosa	x	x	5	x	G
Milium effusum	4	5	5	x	H
Brachypodium silvaticum	4	5	6	6	H
Melica uniflora	3	5	6	x	G/H
Galium odoratum	2	5	x	5	H
Stellaria holostea	5	5	6	5	C
Poa nemoralis	5	5	5	3	H
Mycelis muralis	4	5	x	6	H
Moehringia trinervia	4	5	6	7	H/T
Hedera helix	4	5	x	x	Z
Potentilla sterilis	5	5	6	6	H
Viola reichenbachiana	4	5	7	6	H
Oxalis acetosella	1	6	x	7	G/H
Lamiastrum galeobdolon	2	5	7	5	C
Polygonatum multiflorum	2	5	7	4	G

8) Bingelkraut-Gruppe	L	F	R	N	Leb.
Mercurialis perennis	2	x	7	7	G/H
Pulmonaria officinalis	5	5	8	6	H
Sanicula europaea	4	5	8	6	H
Helleborus viridis	3	5	8	5	H
Asarum europaeum	3	6	8	6	H/G

9) Hexenkraut-Gruppe	L	F	R	N	Leb.
Circaea lutetiana	4	6	7	7	G
Scrophularia nodosa	4	6	6	7	H
Primula elatior	6	6	7	7	H
Ranunculus ficaria	4	6	7	7	G
Adoxa moschatellina	5	6	7	8	G
Listera ovata	x	6	7	5	G
Arum maculatum	3	7	7	8	G
Paris quadrifolia	3	6	7	6	G

10) Pfeifengras-Gruppe	L	F	R	N	Leb.
Molinia caerula	7	7	x	2	H
Potentilla erecta	6	x	x	2	H
Erica tetralix	8	8	1	2	Z
Juncus effusus	8	7	3	3	H

11) Mädesüß-Gruppe	L	F	R	N	Leb.
Filipendula ulmaria	7	8	x	4	H
Lysimachia vulgaris	6	8	x	x	H
Eupatorium cannabium	7	7	7	8	H
Lythrum salicaria	7	8	7	x	H
Geum rivale	6	8	x	4	H
Angelica silvestris	7	8	x	x	H
Poa trivialis	6	7	x	7	H/C

12) Springkraut-Gruppe	L	F	R	N	Leb.
Stachys silvatica	4	7	7	7	H
Rumex sanguineus	4	8	7	7	H
Impatiens noli-tangere	4	7	7	6	T
Chrysosplenium alternifolium	4	7	7	4	H

8.4.2 Pflanzen der Lichtungen und Kahlschläge(nach HOFMEISTER 1977)

13) Weidenröschen-Gruppe	L	F	R	N	Leb.
Epilobium angustifolium	8	5	3	8	H
Senecio nemoralis	8	5	3	8	T
Digitalis purpurea	7	5	3	6	H

14) Tollkirschen-Gruppe	L	F	R	N	Leb.
Atropa belladonna	6	5	8	8	H
Fragaria vesca	7	5	x	6	H
Arctium nemorosum	5	7	x	9	H
Senecio fuchsii	7	5	x	8	H

8.4.3 Pflanzen der Gewässer und Moore

15) Pfeifengras-Gruppe	L	F	R	N	Leb.
Molinia caerula	7	7	x	2	H
Potentilla erecta	6	x	x	2	H
Erica tetralix	8	8	1	2	Z
Juncus effusus	8	7	3	3	H

16) Mädesüß-Gruppe	L	F	R	N	Leb.
Filipendula ulmaria	7	8	x	4	H
Lysimachia vulgaris	6	8	x	x	H
Eupatorium cannabium	7	7	7	8	H
Lythrum salicaria	7	8	7	x	H
Geum rivale	6	8	x	4	H
Angelica silvestris	7	8	x	x	H
Poa trivialis	6	7	x	7	H/C

17) Moosbeeren-Gruppe	L	F	R	N	Leb.
Vaccinium oxycoccus	8	9	x	1	Z
Eriophorum vaginatum	7	8	2	1	H
Vaccinium uliginosum	6	x	1	3	Z
Andromeda polifolia	9	9	1	1	Z
Trichophorum cespitosum	8	9	1	1	H
Sphagnum spec.	?	9	1	1	M

18) Sumpfblutaugen-Gruppe	L	F	R	N	Leb.
Potentilla palustris	7	10	3	2	C/A
Hydrocotyle vulgaris	7	9	2	2	H
Eriophorum angustifolium	8	9	4	2	G/A
Viola palustris	6	9	2	x	H

19) Schwertlilien-Gruppe	L	F	R	N	Leb.
Iris pseudacorus	7	10	x	7	A/G
Mentha aquatica	7	9	7	4	H/A
Lycopus europaeus	7	9	x	7	H/A
Humulus lupulus	7	8	6	8	H
Solanum dulcamara	7	8	x	8	N
Galium palustre	6	9	x	4	H

20) Lobelien-Gruppe	L	F	R	N	Leb.
Lobelia dortmanna	7	10	2	1	A
Littorella uniflora	7	10	x	2	A/H
Eleocharis multicaulis	8	9	2	2	H
Deschampsia setacea	8	9	2	1	H
Hypericum elodes	8	9	2	?	H
Juncus bulbosus	8	9	2	2	H

21) Schilf-Gruppe	L	F	R	N	Leb.
Phragmites australis	7	10	7	5	G/A
Schoenoplectus lacustris	8	11	7	5	A/G
Equisetum fluviatile	8	10	x	6	A/G
Sparganium erectum	7	10	x	5	A
Oenanthe aquatica	7	10	7	5	A/H

22) Zungenhahnenfuß-Gruppe	L	F	R	N	Leb.
Ranunculus lingua	7	10	6	7	H/A
Glyceria maxima	9	10	8	7	A/H
Typha angustifolia	8	10	x	7	A/H
Typha latifolia	8	10	x	8	A/H

23) Seerosen-Gruppe	L	F	R	N	Leb.
Nymphaea alba	8	11	7	7	A
Nuphar lutea	8	11	6	x	A
Ranunculus aquatilis	7	11	5	6	A
Myriophyllum verticillatum	5	12	6	7	A

24) Rohrglanzgras-Gruppe	L	F	R	N	Leb.
Phalaris arundinacea	7	8	7	7	G/H
Glyceria fluitans	7	9	x	5	A/H
Veronica anagallis-aquatica	7	9	7	7	H
Apium nodiflorum	7	10	x	6	H/A
Berula erecta	8	10	x	7	H/A
Veronica beccabunga	7	10	7	6	A/H
Nasturtium officinale	7	11	7	7	A
Scutellaria galericulata	7	9	7	6	H

8.4.4 Pflanzen der Inseln und Küste

25) Queller-Gruppe	F	R	N	S	Leb.
Salicornia europaea	8	8	7	3	T
Suaeda maritima	8	7	7	3	T

26) Andel-Gruppe	F	R	N	S	Leb.
Puccinellia maritima	8	7	8	3	H
Halimione portulacoides	7	x	7	3	C
Limonium vulgare	6	7	5	3	H
Spergularia marina	6	x	?	3	H

27) Strandaster-Gruppe	F	R	N	S	Leb.
Aster tripolium	9	x	7	2	H/T
Plantago maritima	7	8	x	2	H
Triglochin maritimum	7	x	?	2	H
Glaux maritima	7	x	5	2	H
Juncus gerardii	7	x	5	2	G
Puccinellia distans	7	7	7	2	H

28) Strandnelken-Gruppe	F	R	N	S	Leb.
Armeria maritima	4	5	3	1	H
Artemisia maritima	4	x	5	1	C/H

29) Meersenf-Gruppe	F	R	N	S	Leb.
Cakile maritima	6	x	8	2	T
Salsola kali	x	7	8	2	T
Atriplex hastata	6	x	9	1	T
Atriplex litoralis	x	x	9	1	T
Tripleurospermum maritimum	6	7	8	2	T

30) Silbergras-Gruppe	F	R	N	S	Leb.
Corynephorus canescens	3	?	2	-	H
Carex arenaria	4	2	2	-	C/G
Trifolium arvense	2	2	1	-	T
Polypodium vulgare	x	2	x	-	H
Sedum acre	1	x	1	-	C
Viola canina	4	3	2	-	H
Jasione montana	3	3	2	-	H
Oenothera parviflora &mmoph.	3	x	3	1	H/T

31) Ohrlöffelleimkraut-Gruppe	F	R	N	S	Leb.
Silene otites	2	8	?	-	H
Linaria vulgaris	3	7	3	-	G/H
Lotus corniculatus	4	7	2	1	H

32) Strandhafer-Gruppe	F	R	N	S	Leb.
Ammophila arenaria	4	7	5	1	G
Elymus arenarius	6	7	6	1	G
Honkenya peploides	6	7	7	2	G/H
Eryngium maritimum	4	7	x	1	H

8.4.5 Pflanzen der Wiesen, Weiden und Äcker (nach ELLENBERG 1950)

33) Hasenohr-Gruppe	T	F	R	N	Leb.
Bupleurum rotundifolium	7	3	9	4	T
Medicago falcata	5	3	9	3	H
Stachys recta	6	3	8	2	H
Muscari racemosum	7	3	8	2	G

34) Sichelmöhren-Gruppe	T	F	R	N	Leb.
Falcaria vulgaris	7	3	9	3	H
Coronilla varia	5	4	9	3	H
Knautia arvensis	5	4	x	3	H
Centaurea scabiosa	x	3	8	3	H
Melilotus officinalis	5	3	8	x	H
Ononis repens	5	4	7	2	Z,H

35) Rittersporn-Gruppe	T	F	R	N	Leb.
Delphinium consolida	6	4	8	3	T
Adonis aestivalis	6	3	8	3	T
Anagallis coerula	6	5	x	6	T
Melandrium noctiflorum	5	3	8	4	T
Scandix pecten-veneris	7	3	8	4	T
Sherardia arvensis	6	5	8	5	T
Avena fatua	x	6	7	x	T
Medicago lupulina	5	4	8	x	T/H

36) Ackersenf-Gruppe	T	F	R	N	Leb.
Sinapis arvensis	5	x	8	6	T
Papaver rhoeas	6	5	7	x	T
Veronica persica	x	5	7	7	T
Lamium amplexicaule	6	4	x	7	T
Lamium purpureum	x	5	7	x	T/H
Lapsana communis	x	5	x	7	H/T

37) Kamillen-Gruppe	T	F	R	N	Leb.
Matricaria chamomilla	5	6	5	5	T
Tripleurospermum inodorum	x	x	6	5	T
Aphanes arvensis	5	6	4	5	T
Apera spica-venti	x	6	4	x	T
Poa annua	x	6	x	8	T,H

38) Knäuel-Gruppe	T	F	R	N	Leb.
Scleranthus annuus	5	x	2	4	T
Spergula arvensis	x	5	2	6	T
Rumex acetosella	5	5	1	2	G/H

39) Lammkraut-Gruppe	T	F	R	N	Leb.
Arnoseris minima	6	4	3	4	T
Holcus mollis	5	5	2	3	G/H
Viola tricolor vulgaris	3	5	2	?	T

40) Kriechhahnenfuß-Gruppe	T	F	R	N	Leb.
Potentilla anserina	5	6	x	7	H
Ranunculus repens	x	7	x	x	H
Mentha arvensis	x	8	x	x	G/H
Stachys palustris	5	7	7	7	G

41) Huflattich-Gruppe	T	F	R	N	Leb.
Tussilago farfara	x	6	8	x	G
Equisetum arvense	x	6	x	3	G

42) Vogelmieren-Gruppe	T	F	R	N	Leb.
Stellaria media	x	6	7	[illegible]	T
Chenopodium album	x	6	x	7	T
Capsella bursa-pastoris	x	x	x	7	T
Senecio vulgaris	x	5	x	8	T/H
Galium aparine	5	x	6	9	Tli
Euphorbia helioscopia	x	5	7	7	T

9. Literaturverzeichnis

9.1 Allgemeine standortkundliche/pflanzenökologische Werke

DENFFER/SCHUMACHER/MÄGDEFRAU, 1971: Lehrbuch der Botanik (begr. v. STRASBURGER), Stuttgart

ELLENBERG, 1963: Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen, in: WALTER: Einführung in die Phytologie, Bd. IV/2, Stuttgart

ELLENBERG, 1978: Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen 2. völlig neu bearbeitete Auflage

FUKAREK, 1964: Pflanzensoziologie, Berlin

KNAPP, 1971: Einführung in die Pflanzensoziologie, Stuttgart

LARCHER, 1976: Ökologie der Pflanzen, Stuttgart

NULTSCH, 1977: Allgemeine Botanik, Stuttgart

OBERDORFER, 1957: Süddeutsche Pflanzengesellschaften, Stuttgart

OBERDORFER, 1970: Pflanzensoziologische Exkursionsflora, Stuttgart

REICHELT/SCHWOERBEL, 1974: Ökologie, Berlin

STEUBING, 1965: Pflanzenökologisches Praktikum, Berlin und Hamburg

STRAKA, 1970: Arealkunde, in WALTER: Einführung in die Phytologie, Bd. III/2, Stuttgart

VERBEEK, 1976: Ökologie, Kastelbaum

WALTER, 1960: Standortlehre, in WALTER: Einführung in die Phytologie, Bd. III/1, Stuttgart

WILMANNS, 1973: Ökologische Pflanzensoziologie, Heidelberg

WINKLER, 1973: Einführung in die Pflanzenökologie, Stuttgart

WURMBACH, 1970: Lehrbuch der Zoologie, 2 Bände, Stuttgart

LERCH, 1965: Pflanzenökologie, Berlin

9.2 Spezielle Arbeiten

ADAMOVIC, 1929: Die Pflanzenwelt der Adrialänder, Jena

ADAMOVIC, 1933: Die pflanzengeographische Stellung und Gliederung Italiens, Jena

ADRIANI, 1956: Der Wasserhaushalt der Halophyten, in Handbuch Pflanzenphysiologie, Bd. III

ADRIANI, 1958: Halophyten, in Handbuch Pflanzenphysiologie, Bd. IV

ANT, 1971: Die Gewässertypen Westfalens, in Naturkunde in Westfalen 7, H. 3, Hamm

ANT, 1972: Hinweise für hydrobiologische Untersuchungen, Hamm

ARNOLD, 1936: Beiträge zur ökologischen und chemischen Analyse des Halophytenproblems, in Jb. wiss. Bot. 83, S. 105 - S. 132

BENECKE, 1930: Zur Biologie der Strand- und Dünenflora, in Ber. Dt. Bot. Ges. 48, S. 127 - 139

BENECKE/ARNOLD, 1930: Zur Biologie der Strand- und Dünenflora, in Ber. Dt. Bot. Ges. 48, S. 363 - 381

BRAUN-BLANQUET, 1940: Prodrome des Groupements Vegetaux Fasc. 7, Montpellier

BRAUN-BLANQUET, 1952: Les Groupements Vegetaux de la France Mediterraneenne, Montpellier

BRAUN-BLANQUET, 1964: Pflanzensoziologie, Wien, New York

BRUCKER/KALUSCHE, 1976: Bodenbiologisches Praktikum, Heidelberg

BUDDE, 1944: Die benthale Algenflora, die Entwicklungsgeschichte der Gewässer und die Seentypen im Naturschutzgebiet "Heiliges Meer", in Arch. Hydrobiol. 39

DEUTSCHE EINHEITSVERFAHREN zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung, 1971, Weinheim (DEV)

DIEKEN, van, 1970: Beiträge zur Flora Nordwest-Deutschlands, Jever

DIERCKE, 1957: Weltatlas, Braunschweig

DYLLA, 1974: Verhaltensforschung, Heidelberg

DYLLA/KRÄTZNER, 1975: Das biologische Gleichgewicht, Heidelberg

EBERLE, 1975: Pflanzen am Mittelmeer, Frankfurt

EHRENDORFER et al., 1967: Liste der Gefäßpflanzen Mitteleuropas

ELLENBERG, 1950: Unkrautgemeinschaften als Zeiger für Klima und Boden, Stuttgart

BUCHWALD/ENGELHARDT, 1968/69: Handbuch für Landschaftspflege und Naturschutz, München

ELLENBERG, 1955: Grundlagen der Vegetationsgliederung 1. Teil: Aufgaben und Methoden der Vegetationskunde, in: WALTER: Einführung in die Phytologie Bd. IV/1, Stuttgart

ELLENBERG, 1973: Ökosystemforschung, Berlin/Heidelberg/New York

ELLENBERG, 1974: Zeigerwerte der Gefäßpflanzen Mitteleuropas, Göttingen

ENGELHARDT, 1967: Was lebt in Tümpel, Bach und Weiher, Stuttgart

FABRY, 1950 a: Bodenuntersuchung für Schule und Praxis, München

FABRY, 1950 b: Bodenuntersuchung im Gelände, München

FIEDLER, 1973: Methoden der Bodenanalyse Bd. 1: Feldmethoden, Dresden

FINCK, 1976: Pflanzenernährung in Stichworten, Kiel

GANSSEN/HADRICH, 1965: Atlas zur Bodenkunde, Mannheim

GERHARDT, 1973: Pflanzensoziologisches Arbeiten in Düne und Heller, in Der Biologieunterricht 9, H. 1

GIACOMINI/FENAROLI, 1958: La Flora, in Conosci l'Italia, Vol. II, Mailand

GROSSMANN, 1972: Vermessungskunde I - III, Berlin/New York

HOFMANN, 1971: Geländeaufnahme - Geländedarstellung, Braunschweig

KELLE, 1968: Neuzeitliche Biologie, Hannover

KELLE, 1974: Gewässer, Moor und Heide im Jahreslauf (Lebendige Heimatflur IV), Bonn

KLEE, 1973: Kleines Praktikum der Wasser- und Abwasseruntersuchung, Stuttgart

KLEMENT, 1953: Die Vegetation der Insel Wangerooge Veröff. Inst. Meeresforsch. Bremerhaven 2

KREEB, 1977: Methoden der Pflanzenökologie, Stuttgart

LESER, 1976: Landschaftsökologie, Stuttgart

LOBECK/MEINCKE, 1969: Wald, Hecke, Strand. Berlin

LOTZE, 1951: Die Grundwasserverhältnisse in den Naturschutzgebieten am "Heiligen Meer", in Natur und Heimat 11

LOTZE, 1956: Zur Geologie der Senkungszone des Heiligen Meeres (Krs. Tecklenburg), in Abhdl. Landesmus. Naturkd. Münster 18, H. 1

MÜHLENBERG, 1976: Freilandökologie, Heidelberg

NACHTIGALL, 1977: Funktionen des Lebens, Hamburg

PAECH/SIMONIS, 1952: Übungen zur Stoffwechselphysiologie der Pflanzen Berlin - Göttingen - Heidelberg

PIGNATTI, 1953: Introduzione allo studio fitosoziologico della pianura renata orientale, in Arch. Botanico 29

ROHLING, o.J.: 200 biologische Versuche, Bochum

RUNGE, 1957: Die Flora des Naturschutzgebietes "Heiliges Meer" bei Hopsten und ihre Änderungen in den letzten 60 Jahren, in: Natur und Heimat 17, H. 3

RUNGE, 1960: Exkursionen zum "Heiligen Meer", in Decheniana 113, H. 2, Bonn

RUNGE, 1967: Weitere Änderungen der Flora des Naturschutzgebietes "Heiliges Meer" bei Hopsten, in Natur und Heimat 27

RUNGE, 1969: Die Verlandungsvegetation in den Gewässern des Naturschutzgebietes "Heiliges Meer", in Naturkd. in Westf. 5, H. 3

RUNGE, 1973: Die Pflanzengesellschaften Deutschlands, Aschendorff

SCHEELE, 1959: Die Lochkartenverfahren in Forschung und Dokumentation mit besonderer Berücksichtigung der Biologie, Stuttgart

SCHMEIL, 1962: Pflanzenkunde, Heidelberg

SCHMIDT, 1974: Ökosystem See, Heidelberg

SCHRATZ, 1936: Über Verteilung, Ausbildung und NaCl-Gehalt der Strandpflanzen in ihrer Abhängigkeit vom Salzgehalt des Standortes, in Jb. wiss. Bot. 83, S. 133 - S. 189

SCHROEDER, D., 1972: Bodenkunde in Stichworten, Kiel

SCHROEDER, F. G., 1956: Zur Vegetationsgeschichte des Heiligen Meeres bei Hopsten/Westfalen, in Abhandlg. Landesmus. Naturkd. Münster 18

SCHUTZGEMEINSCHAFT DEUTSCHER WALD, 1976: Waldschutzkalender, Wuppertal

SCHWEISSTHAL, 1966: Geländeaufnahmen mit einfachen Hilfsmitteln, Frankfurt

SCHWOERBEL, 1966: Methoden der Hydrobiologie, Stuttgart

SCHWOERBEL, 1971: Einführung in die Limnologie, Stuttgart

SIMONIS, 1936: Untersuchungen über die Abhängigkeit des osmotischen Wertes vom Bodenwassergehalt bei Pflanzen verschiedener ökologischer Gruppen, in Jb. wiss. Bot. 83, S. 191 - 239

STEUBING/KUNZE, 1975: Pflanzenökologische Experimente zur Umweltverschmutzung, Heidelberg

TÜXEN, 1970: Die Pflanzengesellschaften Nordwest-Deutschlands, (Reprint) Lehre

TÜXEN/OBERDORFER, 1958: Die Pflanzenwelt Spaniens, Bern

URANIA, 1971 - 1974: Pflanzenreich, 3 Bände, Leipzig/Jena/Berlin

9.3 Botanische Bestimmungsliteratur

AICHELE/SCHWEIGLER, 1973: Unsere Gräser, Stuttgart

AICHELE/SCHWEIGLER, 1974: Unsere Moos- und Farnpflanzen, Stuttgart

AICHELE/SCHWEIGLER, 1978: Der Kosmos-Pflanzenführer, Stuttgart

AMANN, 1968: Bäume und Sträucher des Waldes, Melsungen

FIORI/PAOLETTI, 1970: Iconographia florae Italiae (Nachdruck), Bologna

FITTER/FITTER/BLAMEY, 1975: Pareys Blumenbuch, Hamburg

GRANDJOT, 1965: Reiseführer durch das Pflanzenreich der Mittelmeerländer, Bonn

HOFMEISTER, 1977: Lebensraum Wald, München

POLUNIN, 1971: Pflanzen Europas, München

POLUNIN/HUXLEY, 1968: Blumen am Mittelmeer, München

RECHINGER-MOSER/WETTSTEIN/BEIER, 1961: Italien (Kosmos-Reiseführer) Stuttgart

REISIGL/DANESCH, 1977: Mittelmeerflora, Bern

ROTHMALER, 1976: Exkursionsflora Bd. IV: Kritischer Band, Berlin

SCHAUER/CASPARI, 1978: Pflanzenführer, München

SCHÖNFELDER, 1975: Das blüht am Mittelmeer, Stuttgart

VOLGER, 1962: Gräserbestimmung nach Fotos, Berlin - Hamburg

ZANGHERI, 1975: Flora Italica, Padua

9.4 Didaktische Literatur

BRINKMANN, 1975: Offenes Curriculum – Lösung für die Praxis, Kronberg

EMPFEHLUNGEN für den Kursunterricht im Fach Biologie Sekundarstufe II, Köln 1973

EMPFEHLUNGEN für den Unterricht der Realschulen für das Fach Biologie Ratingen – Kastellaun – Düsseldorf 1973

ESSER, 1972: Handbuch der Realschulpädagogik: Der Biologieunterricht, Hannover

GARLICHS et al., 1974: Didaktik offener Curricula, Weinheim

GRUPE, 1973: Biologie-Didaktik, Köln

MEMMERT, 1974: Grundfragen der Biologie-Didaktik, Esses

MOSTLER/KRUMMWIEDE/MEYER, 1975: Methodik und Didaktik des Biologieunterrichts, Heidelberg

RICHTLINIEN und LEHRPLÄNE für die Hauptschule in NRW: Naturwissenschaften, Ratingen – Kastellaun – Düsseldorf 1974

SCHMACK, 1978: Offenes Curriculum – offener Unterricht, Ratingen-Kastellaun

SIMBREY/SCHROEDER, 1977: Einfache feldbiologische Untersuchungen zur Wassergütebestimmung eines Fließgewässers, in Naturwiss. im Unterricht 1977, H. 5, Köln

STENGEL, 1973: Ökologie, in Handbuch der praktischen und experimentellen Schulbiologie Bd. IV/1, Köln

STICHMANN, 1970: Biologie, Düsseldorf

UNTERRICHTSEMPFEHLUNGEN Biologie/Chemie Sekundarstufe I – Gymnasium, Kastellaun

PERSÖNLICHE DATEN UND LEBENSLAUF

Name: Jürgen Simbrey

Geburtsort/-datum: Lüdenscheid, 3.7.1951

Familienstand: verheiratet

Schulbildung : Abitur (29.5.70 am Städtischen Gymnasium Lüdenscheid)

Berufsausbildung:

1970 – 1973: Studium für das "Lehramt an Grund- und Hauptschulen" an der PH Ruhr, Abt. Hagen

21.11.72 : Vordiplomprüfung für Pädagogen in Hagen

30.11.73 : 1. Staatsexamen für das Lehramt an Grund- und Hauptschulen an der PH Ruhr, Abt. Hagen

30.4.75 : Diplomprüfung für Pädagogen;
Schwerpunkte: Biologie, Allg. Erziehungswissenschaften, Soziologie, Schulpädagogik

1975 – 1978: Bearbeitung der vorliegenden Dissertation

25.4.79 : Promotion zum Doktor der Erziehungswissenschaften an der PH Ruhr in Dortmund
Schwerpunkte: Biologie, Chemie, Schulpädagogik

Praktische Tätigkeiten:

1.12.73 – 28.2.76 : Wiss. Hilfskraft im Seminar der "Didaktik der Naturwissenschaften" im Fach Biologie der PH Ruhr, Abt. Hagen

1.3.76 – 20.5.79 : Wiss. Ass. (m.d.V.b.) im Fachbereich VI (Naturwissenschaften) Fach Biologie der PH Ruhr in Dortmund

seit 21.5.79 : Wiss. Ass. im Fachbereich VI, Fach Biologie, der PH Ruhr in Dortmund

Veröffentlichungen:

Simbrey/Schröder: "Einfache feldbiologische Untersuchungen zur Wassergütebestimmung eines Fließgewässers"

in: Naturwissenschaft im Unterricht
Heft 5 1977
Köln 1977